



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

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANITARIO
PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**

Pedro Ernesto Quej Soria

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANITARIO
PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PEDRO ERNESTO QUEJ SORIA
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2022

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 Lorente
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. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
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:

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANITARIO
PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de octubre de 2018.

Pedro Ernesto Quej Soria

Guatemala, 30 de marzo de 2022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Fuentes:

Por este medio se informa que el Área de Topografía y Transportes, ha aprobado el trabajo de graduación: **“DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **Pedro Ernesto Quej Soria**, con CUI **2602401841603** y registro académico No. **201114536**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Civil **Juan Merck Cos**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que se aprueba al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Alejandro Castañón López
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 19 de abril de 2022
REF.EPS.DOC.146.04.2022

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Pedro Ernesto Quej Soria**, CUI 2602 40184 1603 y **Registro Académico 201114536** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANIARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ.**

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”

c.c. Archivo
JMC/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, REF.EPS.D.322.09.2022
29 de septiembre de 2022

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANIARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Pedro Ernesto Quej Soria, CUI 2602 40184 1603 y Registro Académico 201114536**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 29 de abril 2022

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniero Aguilar

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de EPS, " **DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**", del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil **Pedro Ernesto Quej Soria**, Registro Académico: **201114536**, como asesor al **ING. JUAN MERCK COS**.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interea

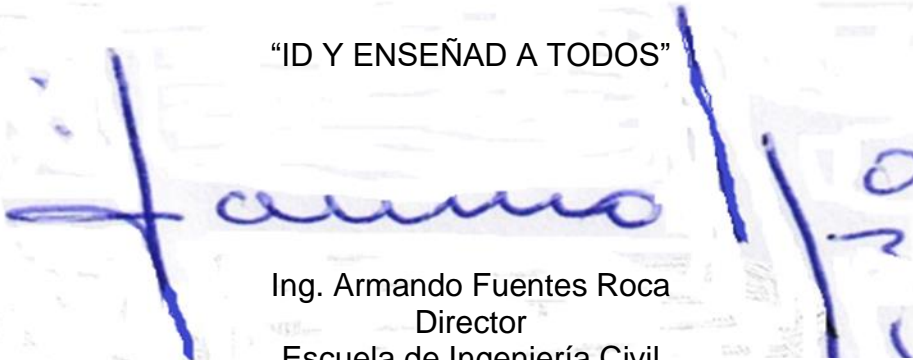




LNG.DIRECTOR.232.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**, presentado por: **Pedro Ernesto Quej Soria**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, noviembre de 2022



LNG.DECANATO.OI.766.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS Y DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ,** presentado por: **Pedro Ernesto Quej Soria,** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Miguel Quej y Lesbia Soria, gracias por los innumerables e invaluable sacrificios que día a día hicieron para que hoy, este aquí. Este triunfo es completamente suyo.

Mi abuelita

Teresa de Jesús Yat (mamosh), por ser parte fundamental en mi crianza, por demostrarme en cada momento su apoyo y amor.

Mis hermanos

Christian Miguel y Maria Ximena Quej Soria, por anteponer mis sueños a los suyos, por haberme apoyado desinteresadamente cuando más lo necesite. Hoy estoy aquí por ustedes.

Mis sobrinos

Samanta Anabella Quej Ajuchan, Pedro Andrés y Christian Mateo Sierra Quej, que este triunfo sirva de inspiración para lograr cosas grandes. Todo mi amor hacia ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para ser un buen profesional.
Municipalidad de San Cristóbal Verapaz	Por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de realizar el ejercicio profesional supervisado.
Ing. Juan Merck Cos	Por su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo de graduación.
EPSUM	Por la valiosa ayuda durante el proceso de realización del EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de la aldea Las Pacayas, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Límites y colindancias.....	3
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Hidrografía	3
1.1.5. Población y demografía	4
1.1.6. Servicios públicos	4
1.1.6.1. Mercado.....	4
1.1.6.2. Alcantarillado	5
1.1.6.3. Electricidad	5
1.1.6.4. Agua	6
1.1.6.5. Extracción de basura.....	7
1.1.7. Educación	7
1.1.8. Comunicación	8
1.1.9. Salud.....	9

1.2.	Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Las Pacayas	9
1.2.1.	Descripción de las necesidades	9
1.2.2.	Evaluación y priorización de las necesidades.....	10
2.	FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL.....	13
2.1.	Diseño de la carretera hacia la aldea Las Pacayas, municipio de San Cristóbal Verapaz.....	13
2.1.1.	Descripción del proyecto	13
2.1.2.	Preliminar de campo.....	14
2.1.2.1.	Selección de ruta.....	14
2.1.2.2.	Levantamiento topográfico de preliminar.....	14
2.1.2.2.1.	Tránsito preliminar	15
2.1.2.2.2.	Niveles de preliminar	15
2.1.2.2.3.	Secciones transversales de preliminar	16
2.1.2.3.	Cálculo topográfico de preliminar.....	17
2.1.3.	Dibujo preliminar.....	17
2.1.4.	Estudio de suelos	17
2.1.4.1.	Granulometría	17
2.1.4.1.1.	Sedimentación	18
2.1.4.2.	Límites de Atterberg	19
2.1.4.2.1.	Limite líquido.....	19
2.1.4.2.2.	Límite plástico.....	19
2.1.4.2.3.	Índice plástico	19
2.1.4.3.	Compactación de Proctor modificado ..	20

	2.1.4.3.1.	Densidad máxima y humedad optima	21
	2.1.4.4.	Valor soporte CBR.....	22
2.1.5.		Diseño geométrico de carreteras	22
	2.1.5.1.	Alineamiento horizontal	22
	2.1.5.1.1.	Diseño de localización ..	23
	2.1.5.1.2.	Diseño de curvas horizontales.....	23
	2.1.5.1.3.	Curvas de transición	28
	2.1.5.1.4.	Peralte.....	29
	2.1.5.1.5.	Sobreancho.....	29
	2.1.5.1.6.	Corrimientos.....	30
	2.1.5.2.	Alineamiento Vertical.....	30
	2.1.5.2.1.	Diseño de subrasante ...	31
	2.1.5.2.2.	Pendientes	31
	2.1.5.2.3.	Diseño de curvas verticales	32
	2.1.5.2.4.	Correcciones y subrasante corregida	38
2.1.6.		Movimientos de tierras.....	38
	2.1.6.1.	Dibujo de secciones transversales.....	39
	2.1.6.2.	Determinación de áreas	41
	2.1.6.3.	Cálculo de volúmenes	42
	2.1.6.4.	Cálculo de balance y diagrama de masas	45
2.1.7.		Diseño de carpeta de rodadura	46
	2.1.7.1.	Tipos de carpeta de rodadura	47
	2.1.7.2.	Selección de la carpeta de rodadura ...	48

	2.1.7.2.1.	Determinación de TPD.....	49
	2.1.7.2.2.	Método simplificado PCA.....	49
	2.1.7.3.	Diseño de Juntas.....	53
	2.1.7.4.	Diseño de mezcla.....	54
2.1.8.		Drenajes.....	62
	2.1.8.1.	Ubicación de drenajes.....	64
	2.1.8.2.	Cálculo de áreas de descarga, método racional.....	65
	2.1.8.3.	Diseño de drenaje longitudinal.....	68
	2.1.8.4.	Diseño de drenaje transversal	70
2.1.9.		Planos.....	72
2.1.10.		Presupuesto.....	72
	2.1.10.1.	Resumen presupuesto	73
2.1.11.		Cronograma de ejecución física y financiera	73
2.1.12.		Evaluación de impacto ambiental.....	74
2.2.		Diseño del sistema drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.....	76
	2.2.1.	Descripción del proyecto	76
	2.2.2.	Levantamiento topográfico	76
	2.2.2.1.	Planimetría	76
	2.2.2.2.	Altimetría	77
2.2.3.		Periodo de diseño.....	78
2.2.4.		Población tributaria.....	78
	2.2.4.1.	Población actual	79
	2.2.4.2.	Población futura	79
2.2.5.		Determinación de caudales	79

2.2.5.1.	Dotación de agua potable	79
2.2.5.2.	Factor de retorno	80
2.2.5.3.	Caudal domiciliario	80
2.2.5.4.	Caudal comercial.....	81
2.2.5.5.	Caudal industrial.....	81
2.2.5.6.	Caudal de conexiones ilícitas.....	81
2.2.5.7.	Caudal de infiltraciones	82
2.2.5.8.	Caudal sanitario.....	82
2.2.5.9.	Factor de caudal medio.....	83
2.2.5.10.	Factor de Harmond.....	83
2.2.5.11.	Caudal de diseño.....	84
2.2.6.	Diseño de la red.....	84
2.2.6.1.	Parámetros de diseño	85
2.2.6.2.	Diseño de secciones y pendientes de tuberías.....	85
2.2.6.3.	Relaciones hidráulicas	86
2.2.6.4.	Velocidad de diseño	87
2.2.6.5.	Profundidad de tuberías	87
2.2.6.6.	Cotas Invert	87
2.2.6.7.	Ejemplo de diseño de un tramo.....	89
2.2.7.	Obras accesorias.....	93
2.2.7.1.	Pozos de visita	93
2.2.7.2.	Conexiones domiciliarias	94
2.2.7.3.	Propuesta de tratamiento.....	94
2.2.7.4.	Punto de descarga final.....	95
2.2.7.5.	Diseño de fosa séptica	96
2.2.7.5.1.	Predimensionamiento ...	96
2.2.7.5.2.	Funcionamiento y mantenimiento	101

2.2.8.	Elaboración de planos	101
2.2.9.	Presupuesto y cronograma de ejecución	102
CONCLUSIONES.....		105
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109
APÉNDICES		113
ANEXOS.....		117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación aldea Las Pacayas, San Cristóbal Verapaz	2
2.	Gráfica curvas horizontales	24
3.	Sección transversal.....	40
4.	Tipos de secciones transversales	42
5.	Volumen entre secciones del mismo tipo	43
6.	Volúmenes entre secciones de diferente tipo	44
7.	Área de influencia de la cuenca	65
8.	Drenaje longitudinal en carreteras.....	69
9.	Propuesta de drenaje longitudinal	70
10.	Propuesta drenaje transversal.....	71

TABLAS

I.	Población por nivel educativo año 2018, municipio de San Cristóbal Verapaz.....	8
II.	Clasificación de suelos	18
III.	Clasificación de índice plástico.....	20
IV.	Resumen de cálculo de curvas horizontales	28
V.	Valores de K según tipo de curvatura	35
VI.	Cálculo de los elementos de curva vertical	37
VII.	Resumen de cálculo de curvas verticales	37
VIII.	Balance inicial según tipo de terreno.....	46
IX.	Clasificación de vehículos según su categoría	50

X.	Tipos de suelos de subrasante y valores de K.....	51
XI.	Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr y K.....	53
XII.	Asentamientos usuales.....	56
XIII.	Tipos de estructura	58
XIV.	Asentamientos	59
XV.	Resistencia en relación agua-cemento	59
XVI.	Tamaño del agregado grueso	59
XVII.	Valores de máximos y mínimos de coeficiente de escorrentía.....	67
XVIII.	Valores indicativos de coeficiente de escorrentía	68
XIX.	Presupuesto de drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	73
XX.	Presupuesto de drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	103
XXI.	Cronograma de ejecución físico para drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.....	104

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AC	Área de corte, metros cuadrados
AR	Área de relleno, metros cuadrados
BM	Banco de marca
CA – 9	Carretera centroamericana 9
CA – 14	Carretera centroamericana 14
Q	Caudal
cm	Centímetro
n	Coefficiente de rugosidad
Y	Corrección en cualquier punto de la curva
Cm	Cuerda máxima
Δ	Deflexión
θ	Diámetro
A%	Diferencia de pendientes de entrada y salida
E	External
°	Grados
Km	Kilómetro
Km²	Kilómetro cuadrado
Psi	Libra por pulgada cuadrada
Lt/h/día	Litro por habitante día
L/m³	Litro por metro cúbico
Lc	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
m/s	Metros por segundo

m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
‘	Minutos
Om	Ordenada media
K	Parámetro de curva
S	Pendiente del terreno
n	Periodo de diseño
Pf	Población futura
Pi	Punto de intersección
Po	Población inicial
%	Porcentaje
Pc	Principio de curva
Pt	Principio de tangente
PCV	Punto de curva vertical
Pi	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PTV	Punto de tangente vertical
Q	Quetzales
R	Radio
RN-14	Ruta Nacional 14
RN-10	Ruta Nacional 10
“	Segundos
St	Subtangente
r	Tasa de crecimiento
TPD	Tráfico promedio diario
TPDC	Tráfico promedio diario de camiones

V	Velocidad
Vc	Volumen de corte, metros cúbicos
Vr	Volumen de relleno, metros cúbicos

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Official.
ACI	<i>American Concrete Institute.</i>
Aguas domiciliarias	Son las aguas utilizadas en domicilios; es decir, las que ya han sido pasadas por proceso de contaminación.
Aguas servidas	Aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
Candela	Receptor de las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que las conduce al sistema de drenaje.
Caudal	Es el volumen de agua que corre en un tiempo determinado en el colector.
CBR	<i>Californian bearing ratio.</i>
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras.

Cota de terreno	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
Cuneta	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera o del camino, construidas entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes.
Descarga	Lugar a donde se vierten las aguas servidas provenientes del colector, sean crudas o tratadas.
Dotación	Estimación del promedio de cantidad de agua que consume cada habitante. Se expresa en litro por habitantes por día.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Nivelación	Proceso altimétrico que permite el registro de las elevaciones correspondientes a puntos de importancia.
PCA	<i>Portland Cement Association.</i>

PVC

Policluro de vinilo.

TIR

Tasa interna de retorno.

VPN

Valor presente neto.

RESUMEN

El presente documento es una recopilación del trabajo realizado conforme a la situación detectada durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en el municipio de San Cristóbal Verapaz, perteneciente al departamento de Alta Verapaz; llevada a cabo en colaboración con la Municipalidad del lugar.

Durante este proceso fueron detectados varios factores que involucran la problemática de distintas comunidades, priorizando las soluciones a ellas a través de proyectos viables y atendiéndose para el efecto la aldea Las Pacayas y el barrio Esquipulas.

En la aldea Las Pacayas se atendió la necesidad de mejora de comunicación vial y para el efecto se desarrolló el proyecto de diseño de carretera. Esto debido a que la conexión que se dirige al casco urbano se realiza por medio de una carretera de terracería y por las condiciones climáticas de la región, esta se encuentra deteriorada, generando conflictos de transporte en este tramo.

En el barrio Esquipulas, se atendió la necesidad de salud, y para el efecto se desarrolló el drenaje sanitario, ya que es necesario un sistema de alcantarillado apropiado y que cubra el alcance futuro de las viviendas y familias que habitan en el sector.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de drenaje sanitario para el barrio Esquipulas y la carretera hacia la aldea Las Pacayas, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura para la aldea Las Pacayas, San Cristóbal Verapaz.
2. Diseñar la carretera hacia la aldea Las Pacayas, según especificaciones de la Dirección General de Caminos (DGC), AASHTO.
3. Realizar el diseño hidráulico del drenaje sanitario de acuerdo con las normas vigentes en Guatemala.
4. Elaborar planos, presupuesto, cronograma y evaluación ambiental de los proyectos.
5. Capacitar a los miembros del COCODE del barrio Esquipulas sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de drenaje sanitario.

INTRODUCCIÓN

La situación actual de los pobladores del municipio de San Cristóbal Verapaz, se ve afectada por los problemas más comunes que afectan a la sociedad guatemalteca, como lo es la falta de infraestructura para el desarrollo económico y factores que intervienen en la salud y calidad sanitaria.

Uno de los sitios afectados es la aldea Las Pacayas, ya que sus pobladores no cuentan con una carretera que les permita movilizarse hacia el casco urbano del municipio, incluyendo que las condiciones climáticas del sector intervienen en el deterioro de la carretera de terracería que comunica estos puntos.

En el barrio Esquipulas, la falta de un sistema de alcantarillado sanitario para las viviendas del lugar, genera conflictos de salud para los pobladores, razón por la que se busca implementar un sistema adecuado que permita solucionar esta problemática, no solo momentáneamente, sino en una proyección de crecimiento poblacional de aproximadamente 30 años.

La falta de atención en estos puntos presenta consecuencias inmediatas y futuras en la salud, economía y calidad de vida de los pobladores. Por lo que, el presente trabajo de graduación, presenta los proyectos de diseño de carretera hacia la aldea Las Pacayas y diseño de drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, presentando para cada uno la investigación, cálculo, planos, presupuesto y cronograma de trabajo para su desarrollo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea Las Pacayas, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz

En el departamento de Alta Verapaz, se sitúa el municipio de San Cristóbal, el cual está formado por la cabecera municipal y 6 aldeas, dentro de ellas se ubica la aldea Las Pacayas.

Inicialmente, la aldea Las Pacayas era conocida como Pan Amaq' Ik'i, y sus tierras eran pertenecientes al Estado. Era una importante parada en la ruta de comercio, por lo que las personas de los alrededores llegaban para comercializar sus productos. Con la firma de los Acuerdos de Paz, mandaron a lotificar la propiedad para dividirla y regalar las tierras a distintas familias, a partir de ahí el sitio fue nombrado Las Pacayas.¹

1.1.1. Ubicación y localización

La aldea Las Pacayas se ubica a 8 kilómetros de distancia de San Cristóbal Verapaz, cabecera municipal. Con respecto a la cabecera departamental, que es Cobán, se encuentra a 30 kilómetros de distancia y a 217 km de la ciudad capital por la carretera al Atlántico. Se encuentra a una altitud de 2 000 metros sobre el nivel del mar y específicamente se sitúa en las coordenadas: latitud, 15°24'35", longitud, 90°31'05"

¹ Diplomado de historia antigua del pueblo poq'omchi', San Cristóbal Verapaz. *El rojizo amanecer del puma*. p 36.

1.1.2. Límites y colindancias

Las colindancias de la aldea Las Pacayas son las siguientes (todos los sitios son pertenecientes al municipio de San Cristóbal Verapaz):

- Al norte con el caserío Tintaché
- Al este con el caserío las Camelias
- Al sur con la cabecera municipal, San Cristóbal Verapaz
- Al oeste con el caserío Sujquix

1.1.3. Clima

En general, el clima en el municipio de San Cristóbal Verapaz, es templado, teniendo temperaturas que oscilan entre los 12 a 28 grados centígrados.

El territorio mantiene una precipitación anual de 2 150 milímetros; en este sitio existen lluvias casi todo el año, pero debido a la tala de inmoderada de árboles la época de lluvia ha sido irregular hasta la actualidad. La evaporación es de 0,04 mm. La humedad relativa en promedio es de 87,2 %. El punto de rocío es 42,72 °C, mientras que la radiación global es de 134,13 W/m², según datos obtenidos en la estación meteorológica más cercana ubicada en el municipio de Pazós.

1.1.4. Hidrografía

La hidrografía dentro del territorio de San Cristóbal Verapaz, está formada por 23 cuerpos de agua entre los que se encuentran una laguna (Laguna Chichoij), ríos y quebradas.

La hidrografía es un elemento vital para el desarrollo y subsistencia de las comunidades, en la aldea Las Pacayas, como en el resto del municipio, se cuenta con aguas subterráneas que abastecen los pozos de la mayor parte de la población.

Lamentablemente la hidrografía ha sido afectada limitando el consumo humano, esto debido a la falta de drenajes, manejo inadecuado de los desechos sólidos y la tala inmoderada de árboles; lo que ha intervenido significativamente en el crecimiento del caudal de los cuerpos de agua y su contaminación.

1.1.5. Población y demografía

En la actualidad, la población de San Cristóbal Verapaz en su mayoría es indígena, específicamente del grupo Poqomchí, seguido del grupo Q'eqchi y ladino.

Está conformada por 68 819 habitantes, de los cuales 34 072 son hombres y 34 747 son mujeres. En el área urbana se encuentra el 30,46 % mientras que en el área rural se encuentra el 69,54 %.²

1.1.6. Servicios públicos

Son todos aquellos que el Estado brinda para ampliar la calidad de vida de las personas dentro de la comunidad. Los servicios públicos de mayor importancia en el municipio son:

1.1.6.1. Mercado

En el municipio son ubicados 2 mercados, uno en el casco urbano del municipio, que cuenta con infraestructura propia en un edificio de dos niveles con servicios básicos como agua, energía eléctrica y servicios sanitarios para todo

² Censo económico y social de Guatemala. *Seguimiento a los resultados del XII censo nacional de población y VII de vivienda: presentados por el Instituto Nacional de Estadística -INE-*. p. 11.

público. Está situado a 8 kilómetros de la aldea Las Pacayas. Este mercado principal, donde se lleva a cabo la compra-venta de productos de distintas categorías, no es suficiente por lo que los días más concurridos ocupa las calles aledañas al edificio con ventas informales.

El segundo mercado se ubica en la aldea El Rancho, este no cuenta con una edificación que brinde los servicios adecuados y las comodidades a los vendedores y compradores, por lo que los vecinos ofrecen sus productos bajo estructuras efímeras para contrarrestar las condiciones climáticas que puedan afectarles.

Ambos mercados permanecen activos todos los días, pero los días jueves y domingos son dedicados a los días de plaza.

1.1.6.2. Alcantarillado

El sistema de alcantarillado sanitario en la cabecera municipal, no tiene cobertura total para la población a tal grado que las aguas servidas domiciliarias corren a flor de tierras, siendo lamentablemente la principal fuente de contaminación de los ríos Chijulja y Pana, quienes llevan sus aguas a la laguna Chichoj; esto se debe a que la tubería desemboca en estos cuerpos de agua.

1.1.6.3. Electricidad

Dentro del municipio de San Cristóbal Verapaz se encuentra la planta más grande de generación de energía eléctrica del país, a pesar de esto, solo el 81 % de los hogares tienen acceso a este servicio.

La distribución de energía eléctrica está a cargo de la empresa privada DEORSA.

El servicio de energía eléctrica está concentrado principalmente en el área urbana, mientras que el 19 % de la población del municipio que no cuenta con este servicio habita en comunidades como la aldea Las Pacayas, donde las familias se ven en la necesidad de utilizar otros medios como velas o gas corriente.

1.1.6.4. Agua

El servicio de agua potable es brindado por 2 fuentes que abastecen al municipio. Fue diseñado e instalado por la Dirección General de Obras Públicas en 1970.

La primera de las fuentes de agua se encarga de abastecer a la mayor parte del municipio y principalmente a la del área urbana, se localiza a 4 kilómetros y se lleva a cabo por medio de un tanque de distribución que funciona por gravedad, este es conocido como Chijulja'. Este sistema en la actualidad no llega a ser eficiente, ya que su capacidad no es apta para atender la demanda de la población.

La segunda fuente se enfoca en abastecer el área nor-oeste de la cabecera municipal y ciertas áreas rurales que le rodean, así también existe un sector minoritario, que hace uso del nacimiento conocido como Las Arrugas.

Otro factor que interviene en la falta de este servicio es la topografía del municipio y la forma tan dispersa en que se encuentra distribuidas las viviendas,

ya que afecta en la implantación de proyectos de distribución de agua potable por gravedad.

1.1.6.5. Extracción de basura

Este servicio se encuentra dividido, ya que un área de aproximadamente el 10 % de los hogares en el área urbana es cubierta por parte de la municipalidad. Existe también un servicio privado que se encarga de casi el 25 % de los hogares, cubriendo una pequeña porción del área rural y la mayoritaria del área urbana. Debido a esta situación de falta de cobertura al territorio del municipio, se ha creado a la proliferación de botaderos clandestinos que afectan la salud y el incremento de contaminación en San Cristóbal Verapaz.

1.1.7. Educación

La educación dentro del municipio es brindada por medio de los niveles, preprimario, primario, básicos y diversificado. Los distintos centros educativos se localizan en distintas comunidades del territorio municipal, cabe resaltar que quienes imparten los distintos ciclos escolares se encuentran en el área urbana y rural, a excepción de la educación a nivel básicos y diversificado que únicamente puede encontrarse en la cabecera municipal.

La cobertura de educación a nivel del municipio únicamente llega al 88,77 % el cual se describe en la siguiente tabla:

Tabla I. **Población por nivel educativo año 2018, municipio de San Cristóbal Verapaz**

Nivel educativo alcanzado	Personas	Porcentaje
Población menor de 4 años	7 728	11,23 %
Ninguno	19 117	31,29 %
Preprimaria	3 247	4,72 %
1-3 Primaria	10 504	15,26 %
4-5 Primaria	5 592	8,13 %
6 Primaria	7 918	11,51 %
Básicos	7 447	10,82 %
Diversificado	5 678	9,31 %
Licenciatura	1 496	2,17 %
Maestría o Doctorado	83	0,12 %

Fuente: Censo económico y social de Guatemala. *Seguimiento a los resultados del XII censo nacional de población y VII de vivienda: presentados por el Instituto Nacional de Estadística - INE-*. p. 5.

1.1.8. Comunicación

El municipio de San Cristóbal Verapaz, cuenta con acceso desde la ciudad capital por medio de la carretera al Atlántico CA-9 hasta El Rancho, donde es tomada la ruta CA-14 que conduce a Cobán, esta vía se encuentra asfaltada.

La comunicación interna del municipio cuenta con 3 carreteras de terracería, una que conduce al municipio de Uspantán del departamento del Quiché y que en la actualidad no se encuentra en buenas condiciones. La segunda es la carretera a la comunidad de La Providencia, esta atraviesa varias comunidades, entre ellas la aldea Las Pacayas. La tercera se dirige a Pueblo Viejo.

Existen otras carreteras de categorías menores, estas comunican a diversas comunidades. En general, las condiciones de la red vial del municipio no se encuentran en condiciones favorables para las personas.

1.1.9. Salud

El sistema de salud se encuentra dividido en un centro de salud tipo A que se localiza en la cabecera municipal y dos puestos de salud, estos ubicados en El Rancho y en Santa Elena.

Debido a la distancia con la aldea Las Pacayas, los habitantes deben recurrir al centro de salud que se ubica en el casco urbano. Existen otros métodos que brindan atención médica menor a los pobladores, como lo es el servicio que brinda la institución FUNDAMENO, quien es responsable de brindar jornadas de vacunación a las distintas comunidades del municipio. Así mismo, debido a la falta de recursos económicos, muchos de los pobladores optan por utilizar medicina alternativa o natural para mejorar su salud.

1.2. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Las Pacayas

Para determinar la problemática que afecta a la población, principalmente en el área de la aldea Las Pacayas, se realizó una investigación que se llevó a cabo conjuntamente con la Municipalidad de San Cristóbal Verapaz, de la cual pudieron priorizarse los puntos descritos a continuación.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Como es común en todo municipio, con el pasar del tiempo las obras realizadas con anterioridad van llegando a finalizar su vida útil debido a factores climáticos, uso constante y falta de mantenimiento; también, el crecimiento población es un factor influyente ya que, se convierte en necesaria la integración

de nuevas obras públicas que sean de beneficio para todos los habitantes que se integran a la comunidad.

Las necesidades primordiales que requieren atención en el municipio se catalogan primordialmente en el sector de salud, comunicación y alcantarillado. Estas necesidades afectan tanto a la comunidad como al medio ambiente, generando efectos que van en aumento con el pasar del tiempo.

El sistema de salud se ve afectado debido a la falta de puestos de salud que permitan un acceso factible a los pobladores de las comunidades más lejanas, principalmente en el caso de emergencias.

Una de las comunidades más afectadas por la deficiencia en los sistemas de comunicación, es la aldea Las Pacayas, quienes únicamente cuentan con una carretera de terracería que se dirige hacia la cabecera municipal. Este camino no se encuentra en buenas condiciones actualmente, por lo que es necesaria la atención en el sitio, y que de este modo los pobladores puedan mejorar su situación al momento de viajar al caso urbano.

El sistema de alcantarillado es un factor indispensable para evitar la contaminación del medio, este también es necesario para permitir un mejor desarrollo, mejoramiento y mantenimiento de las vías de comunicación, principalmente del barrio Esquipulas y la aldea Las Pacayas.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades

Debido al presupuesto determinado en la Municipalidad de San Cristóbal Verapaz y el alcance de los estudios realizados en conjunto con dicha entidad, la

resolución de la problemática del municipio se destaca en los siguientes proyectos:

- Sistema obsoleto de red de alcantarillado
- Falta de infraestructura hospitalaria y de salud
- Mantenimiento y construcción de calles

2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL

2.1. Diseño de la carretera hacia la aldea Las Pacayas, municipio de San Cristóbal Verapaz

En el presente capítulo se hace la referencia del diseño de la carretera hacia la aldea Las Pacayas, municipio de San Cristóbal Verapaz.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño geométrico del tramo de carretera que comunica la aldea Las Pacayas con la cabecera municipal, el cual tiene una longitud total de 720 metros y se estará beneficiando a aproximadamente 3 679 habitantes.

El diseño se basó en la carretera tipo E de la Dirección General de Caminos, la cual considera como una región montañosa, velocidad de diseño de 30 Km/hora, tráfico promedio diario de vehículos que va de 10 a 100 vehículos, ancho de calzada de 5,20 metros, carpeta de rodadura de 4,00 metros y un espesor de pavimento de 0,15 metros.

Para llevar a cabo el diseño se realizaron estudios topográficos, toma de muestras de suelo, ensayos de laboratorio, planos y presupuesto.

2.1.2. Preliminar de campo

Este trabajo es indispensable y consiste en obtener la información de campo para realizar el diseño de gabinete, ya que en esta se efectúa la selección de ruta, reconocimiento y el levantamiento topográfico preliminar.

2.1.2.1. Selección de ruta

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el estudio de las rutas. Por ruta se entiende la faja de terreno, de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales e intermedios por donde la carretera, obligatoriamente, debe pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazo de la vía. Como el número de rutas posibles puede ser grande, el estudio de las mismas tiene como finalidad seleccionar aquella que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado. El estudio es por consiguiente un proceso altamente influenciado por los mismos factores que afectan el trazado y abarca actividades que van desde la obtención de la información relativa a dichos factores, hasta la evaluación de la ruta.

En este caso, para la carretera hacia la aldea Las Pacayas, ya existe una ruta trazada, por lo cual el diseño fue adaptado a lo que existe y se tomó en cuenta de acuerdo con los límites, colindancia y topografía del sitio.

2.1.2.2. Levantamiento topográfico de preliminar

Esta es la toma de distancias verticales y horizontales de la línea preliminar trazada en la fase de la selección de ruta, este levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida
- Azimut o rumbo de salida
- Kilometraje de salida
- Cota de salida del terreno

Para cada levantamiento preliminar, se deberá tomar en el campo: tránsito preliminar, niveles de preliminar, secciones transversales de preliminar, radiaciones y referencias.

2.1.2.2.1. Tránsito preliminar

El trazo del tránsito de preliminar, se realizó por medio del método de dobles deflexiones, con estacionamientos a cada 20 metros y en los puntos donde se consideró necesario. En cada estación se coloca una estaca, y en los puntos en donde se pueda dejar la estación deberá colocarse en un árbol, muros de casas, muros cabezales o en cualquier otro punto de carácter permanente.

El tránsito preliminar consistió en el levantamiento de una poligonal abierta aplicando el método de conservación de azimut y utilizando como equipo un teodolito. Se tomaron como referencia todos aquellos lugares importantes como monumentos y riachuelos.

2.1.2.2.2. Niveles de preliminar

Se utilizó el método taquimétrico. Se eligió un banco de marca arbitrario y con base en eso se definieron las cotas para el diseño de la carretera, tomando en cuenta puntos específicos alrededor del trayecto.

Los bancos de marca fueron tomados a cada 500 metros aproximadamente, y estos quedaron situados sobre puntos permanentes como árboles grandes, muros, exteriores de casas. Para cada punto se anotó la estación, elevación, distancia y lado de la línea central.

2.1.2.2.3. Secciones transversales de preliminar

En las estaciones de la línea central se trazan perpendiculares, haciendo un levantamiento de por lo menos 40 metros de cada lado de la línea central, considerando la información pertinente con el propósito de adquirir todo el ancho de calzada. La longitud de las secciones puede variarse de acuerdo con el criterio del topógrafo.

Cuando la sección tope con un obstáculo no pasable, como un peñasco o un barranco cortado a tajo, no es necesariamente prolongarla, debiendo indicarse en la libreta claramente la clase de obstáculo. En los puntos de intersección la alineación de la sección debe seguir la bisectriz del ángulo interior.

Se deberá sacar su sección en estaciones intermedias donde exista alguna referencia importante que sirva en gabinete; también se deberá sacar secciones en los fondos, zanjas, orillas de río y tuberías si existieran. Durante el trabajo de campo se deberán indicar orillas de río, cercos, orillas de camino, fondos, dimensiones de casas y alguna otra información que se considere.

2.1.2.3. Cálculo topográfico de preliminar

El cálculo consistió en aplicar el programa AutoCAD Civil 3D para el cálculo de la topografía hasta determinar las coordenadas y las curvas de nivel, estos datos fueron relevantes para plasmar la planta perfil y secciones.

El análisis de estos datos permitió conocer el cálculo del tránsito de preliminar, cálculo de niveles de preliminar y el cálculo de secciones transversales de preliminar.

2.1.3. Dibujo preliminar

El dibujo de preliminar fue elaborado en el *software* AutoCAD Civil 3D, en el cual fueron ingresados los datos preliminares de topografía. Obteniendo para el efecto lo siguiente, la planta, perfil, curvas de nivel y secciones transversales.

2.1.4. Estudio de suelos

En todo trabajo de diseño de carreteras es necesario conocer las características físicas y mecánicas del suelo, razón por la cual se realizan los estudios de suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de estos estudios, los cuales se efectúan con muestras de suelo extraídas del lugar en donde se construirá el pavimento.

2.1.4.1. Granulometría

Es la propiedad de los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por

tamaños, por medio de tamices y luego representarlos de forma gráfica. Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho según lo descrito en AASHTO T-27.

Para el efecto, el resultado de laboratorio fue: Grava con arena limosa color gris.

2.1.4.1.1. Sedimentación

Se basa en la ley de Stokes, el cual establece: la velocidad de caída de una partícula esférica a través de un medio líquido, es función del diámetro y del peso específico de la partícula. Las partículas se clasifican en función de su tamaño y el sedimento en función de la distribución de tamaños de las partículas que lo forman.

El método de sedimentación tiene por objetivo contar con datos muy aproximados de la composición granulométrica de las partículas del suelo.

Tabla II. **Clasificación de suelos**

Diámetro (mm)	Textura del sedimento
2 - 0,064	Arenosa
0,064 - 0,004	Limosa
< 0,004	Arcillosa

Fuente: Norma AASTHO T-89. *Límite de consistencia*. p. 123.

2.1.4.2. Límites de Atterberg

Los límites de consistencia son los límites de contenido de humedad para que un suelo pueda deformarse sin romperse. Se clasificaron en cuatro estados de consistencia, líquido, plástico, semi-plástico y sólido.

2.1.4.2.1. Límite líquido

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido al estado plástico, el método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido es el que ideó Casagrande y su norma es AASHTO T-89. El límite líquido debe determinarse, con muestras del suelo que hayan cruzado la malla o tamiz No. 40, si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico.

2.1.4.2.2. Límite plástico

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada sin romperse y su norma es AASHTO T-89, según los ensayos de laboratorio el suelo no posee plasticidad debido a que no se pudo formar cilindros con el material.

2.1.4.2.3. Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener el suelo, que se conserva en estado plástico según AASHTO T-90, tanto el límite líquido, como el

límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla, sin embargo, el índice de plasticidad depende generalmente de la cantidad de arcilla en el suelo.

Tabla III. **Clasificación de índice plástico**

Índice de plasticidad (IP)	Plasticidad de suelo
IP = 0	Suelo no plástico
IP = 7	Suelo tiene baja plasticidad
$7 \leq IP \leq 17$	Suelo medianamente plástico

Fuente: Norma AASTHO T-89. *Límite de consistencia*. p. 123.

Dado que el índice plástico, es de 0 según el resultado obtenido en el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado como un suelo no plástico. Con este resultado se considera que la subrasante es de buena calidad para poder llevar a cabo el proyecto.

2.1.4.3. Compactación de Proctor modificado

Con este ensayo se determina el peso volumétrico de un suelo que ha sido compactado con diferentes niveles de humedad, también se determina la humedad óptima del material para una compactación idónea.

Los resultados indican que el suelo posee una densidad seca máxima de 2 314,89 Kg/m³ o 144,50 lb/pie³, y una humedad óptima de 5,25 %. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas.

2.1.4.3.1. Densidad máxima y humedad óptima

La compactación de suelos constituye un capítulo importantísimo y se halla íntimamente relacionada con la pavimentación de carreteras. A fin de que el material a compactarse alcance la mayor densidad posible en el terreno, deberá tener una humedad adecuada en el momento de la compactación.

Esta humedad previamente determinada en laboratorio de suelos, se llama humedad óptima y la densidad obtenida se conoce con el nombre de densidad máxima.

La importancia de realizar una adecuada compactación es justamente calcular la cantidad de agua (humedad óptima), que ha de tener un suelo, a fin de obtener una buena lubricación que permita, al compactarlo, alcanzar la mayor densidad posible, es decir, la densidad máxima. El suelo colocado como un suelo geotécnico se compacta a un estado denso para obtener propiedades geotécnicas apropiadas como resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad. También los suelos de fundación son compactados frecuentemente para mejorar sus propiedades geotécnicas. Los ensayos de compactación en el laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua necesarios para conseguir las propiedades requeridas y para llevar el control durante la construcción que permita asegurar que se alcancen los contenidos de agua y la compactación requerida. Durante la preparación de una subbase se requiere la preparación de muestras para ensayos de resistencia de corte, consolidación, permeabilidad, los cuales deberán tener el contenido de humedad óptima y la densidad máxima para obtener datos buenos en los ensayos respectivos.

2.1.4.4. Valor soporte CBR

Este ensayo es conocido como California Bearing Ratio (C.B.R.) por sus iniciales en inglés, sirve para determinar la capacidad soporte que tiene un cuerpo compactado a su densidad máxima en las peores condiciones de humedad que pueda tener en el futuro. Este se expresa en el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón estándar en la muestra de suelo, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Los resultados de laboratorio demuestran que la sub-rasante tiene un valor soporte del 92,07 %.

2.1.5. Diseño geométrico de carreteras

El diseño geométrico de la carretera comprende el dimensionamiento de los elementos de una carretera, como curvas horizontales y verticales, ancho de carriles y secciones transversales. El fin es darle a la carretera un flujo continuo de vehículos y libre de accidentes.

2.1.5.1. Alineamiento horizontal

Debe permitir la operación ininterrumpida de los vehículos que transitan la carretera, respetando la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Los rangos de velocidad dependen directamente de la topografía del terreno y de las necesidades del entorno. En este caso la velocidad de diseño es de 30 Km/hora por ser una carretera tipo E, según de la Dirección General de Caminos.

El relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad. Esta última, al mismo tiempo, controla la distancia de visibilidad.

2.1.5.1.1. Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final, conocida como línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto, se realizará con toda la información que se recabe en campo según el levantamiento topográfico.

Para realizar el diseño se siguen los siguientes pasos:

- Diseño de subrasante de preliminar
- Traslado de subrasante a planta
- Diseño de la línea de localización
- Deducción de perfil y afinamiento de diseño

2.1.5.1.2. Diseño de curvas horizontales

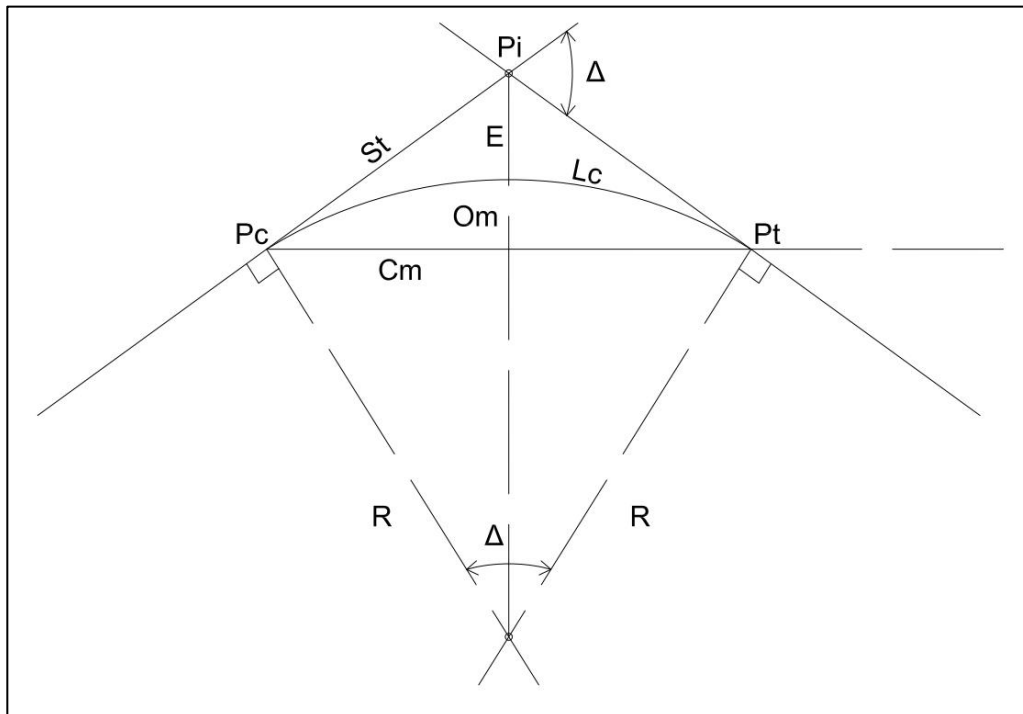
Las curvas horizontales están compuestas por diferentes elementos, los cuales se mencionan a continuación:

- St = Subtangente
- Lc = Longitud de curva
- R = Radio
- Pc = Principio de curva
- Pt = Principio de tangente
- Δ = Deflexión
- Cm = Cuerda máxima

- Om = Ordenada media
- E = External
- Pi = Punto de intersección

En la siguiente figura se muestran los elementos que componen las curvas horizontales.

Figura 2. **Gráfica curvas horizontales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangente (PT).

$$CM = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- Longitud de curva (Lc)

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT).

$$LC = \frac{20 * \Delta}{G^\circ}$$

- Tangente (Tg)

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente. La dirección es el rumbo.

- Deflexión (Δ)

La deflexión es la diferencia entre dos azimuts; la forma de calcularla es restando al azimut 2 el azimut 1. Esta sirve para escoger el tipo de curva que se utilizara, mientras más grande es, el grado de curvatura será mayor.

$$\Delta = \text{Azimut } 2 - \text{Azimut } 1$$

- External (E)

Es la distancia que existe entre el punto de intersección al punto medio de la curva.

$$E = R * \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1 \right)$$

- Ordenada media (Om)

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (Pc) y el punto de intersección (Pi), ya que la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección y el principio de tangente (Pt) es la misma.

$$ST = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- Radio (R)

Es la distancia perpendicular al principio de curva (Pc), o principio de tangente (Pt), hacía el centro. El radio mínimo es de 30 metros para este proyecto, ya que se trata de una carretera tipo E según su tráfico promedio diario y ubicarse en un área montañosa.

$$R = \frac{1\ 145,9156}{G}$$

- Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud, o se puede decir que el grado de curvatura es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

$$G = \frac{1\,145,9156}{R}$$

Ejemplo de cálculo de los elementos de curva horizontal, con los siguientes datos:

- Cálculo Curva 1
 - Radio (R)

$$R = \frac{1\,145,9156}{34} = 33,703$$

- Subtangente (ST)

$$ST = 33,703 \tan \frac{16^{\circ} 43' 6,29''}{2} = 4,952$$

- Punto de Intersección (PI)

$$PI = 0 + 057,90 + 4,952 = 0 + 62,85$$

- Longitud de curva (Lc)

$$Lc = \frac{20 * 16^{\circ} 43' 6,29''}{34} = 9,834$$

Tabla IV. **Resumen de cálculo de curvas horizontales**

No. De curva	Radio	Grado de Curvatura G	Deflexión Δ	Longitud de Curva	Subtangente	Punto de Intersección
1	33,703	34° 0' 0,00"	16° 43' 6,29" der	9,834	4,952	0+062,85
2	30,971	37° 0' 0,00"	8° 36' 26,88" der	4,653	2,331	0+097,95
3	52,087	22° 0' 0,00"	4° 38' 9,74" izq	4,215	2,108	0+209,84
4	81,851	14° 0' 0,00"	2° 23' 0,35" izq	1,703	1,703	0+268,85
5	114,592	10° 0' 0,00"	8° 54' 50,65" der	17,828	8,932	0+305,05
6	127,324	9° 0' 0,00"	4° 23' 28,06" der	9,758	4,881	0+339,45
7	229,183	5° 0' 0,00"	2° 56' 2,76" der	11,736	5,869	0+428,19
8	45,837	25° 0' 0,00"	4° 19' 58,31" izq	3,466	1,734	0+488,47
9	45,837	25° 0' 0,00"	5° 46' 17,28" izq	4,617	2,311	0+500,24
10	45,837	25° 0' 0,00"	9° 42' 52,88" izq	7,772	3,895	0+523,52
11	45,837	25° 0' 0,00"	8° 16' 5,99" izq	6,615	3,313	0+537,81
12	52,087	22° 0' 0,00"	7° 32' 30,38" izq	6,856	3,433	0+576,47
13	40,926	28° 0' 0,00"	12° 33' 20,26" izq	8,968	4,502	0+590,69
14	95,493	12° 0' 0,00"	7° 22' 39,97" izq	12,296	6,157	0+623,54
15	95,493	12° 0' 0,00"	4° 4' 56,05" izq	6,804	3,403	0+652,02
16	229,183	5° 0' 0,00"	3° 3' 21,41" der	12,224	6,113	0+753,46

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.5.1.3. **Curvas de transición**

La curva de transición o longitud de transición es la longitud de la curva que varía de radio según se avanza. Surge debido a la necesidad de interponer un elemento que garantice una continuidad dinámica y geométrica.

Las curvas de transición se intercalan entre las alineaciones rectas y las alineaciones curvas para permitir una transición gradual de curvatura.

En las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos se encuentra la medida de longitud de espiral que debe aplicarse para los distintos

grados de curvatura, considerando la velocidad de diseño. Para un $G=34$ y una velocidad de 30 Km/h, la tabla indica que la longitud de espiral (L_s) es de 44 metros. Este método no fue aplicado porque se cumple con todos los parámetros.

2.1.5.1.4. Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirven para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia afuera de su trayecto. Esta inclinación generalmente ira alrededor del eje de la carretera ya que, de esta forma, los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión y, por consiguiente, una mejor transición.

El peralte debe aplicarse para los distintos grados de curvatura según las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos, considerando la velocidad de diseño. Para un $G=34$ y una velocidad de diseño de 30 km/h el peralte (e %) es igual a 9,8.

2.1.5.1.5. Sobreancho

Se utiliza en las curvas horizontales para tener la misma seguridad que se tiene al conducir un vehículo en línea recta. Esto es necesario por la inflexibilidad y dimensiones del automotor que en la parte trasera sigue una trayectoria distinta que la parte delantera, lo que hace que se dificulte al conductor mantener el vehículo en el eje del carril de circulación designado.

Se aumenta el ancho de la calzada en la entrada de la curva hasta llegar a un máximo en el medio de la misma, para luego disminuir y llegar a su estado normal en la salida de la curva.

El sobreancho se determinará por medio de las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos, considerando el grado de curvatura, el tipo de carretera y la velocidad de diseño. Para un $G=34$ y una velocidad de diseño de 30 km/h el sobreancho es igual a 9,8.

2.1.5.1.6. Corrimientos

El corrimiento es el desplazamiento radial que es necesario darle hacia adentro de la curva circular, para darle cabida a la curva espiral. Su función es la de compensar el movimiento que sufren los vehículos hacia el interior de la curva debido a la fuerza centrífuga, evitando que abandonen su carril respectivo. La espiral es una curva de transición que se intercala entre una tangente y una curva circular o entre dos curvas circulares. En este proyecto no se aplicó el corrimiento ya que todas las curvas del terreno cumplen con las especificaciones.

2.1.5.2. Alineamiento Vertical

En las carreteras se diseñan curvas horizontales y verticales como se observó con anterioridad. Estas últimas se dan cuando existe cambio de pendientes en el perfil de la línea central.

La finalidad es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más utilizada en Guatemala, por la Dirección General de Caminos, es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y la gran adaptación a las condiciones de terreno.

2.1.5.2.1. Diseño de subrasante

La función de la subrasante es soportar las cargas que transmite la carpeta y darle sustentación, además de considerar la cimentación. Otra de las funciones de la subrasante es evitar que el terraplén contamine la carpeta y que sea absorbido por las terracerías.

Para el diseño de la subrasante se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: pendiente máxima, pendiente mínima, curva cóncava, curva convexa.

2.1.5.2.2. Pendientes

Pendiente es la que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera. Según su relación pueden darse tres tipos:

- Pendiente por bombeo: es la pendiente transversal que se da a la corona, en las tangentes del alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.
- Pendiente por peralte: es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.
- Pendiente por transición: es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente por peralte hacia la pendiente por bombeo.

2.1.5.2.3. Diseño de curvas verticales

A continuación, se presentan los elementos que componen a las curvas verticales.

- Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la topografía del terreno. Se emplea cuando convenga desde el punto de vista económico para salvar ciertos obstáculos, siempre que no sobrepase la longitud crítica.

- Pendiente mínima

Se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula, debido a que en ese caso actúa el drenaje transversal. En los cortes se recomienda el 0,5 % mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas.

- Pendiente positiva y negativa

Se entiende por pendiente positiva aquella en la cual a medida que se avanza se incrementa la altura. Se entiende por pendiente negativa aquella en la cual, a medida que se avanza, decrece la altura respecto al punto anterior.

- Curva cóncava y convexa

Existen curvas en deceso con entrada de pendiente negativa y salidas positivas denominadas cóncavas.

También existen curvas en ascenso con entrada de pendiente positiva y salida con pendiente negativa denominadas convexas.

Para la determinación de la longitud de las curvas se utilizaron los siguientes criterios:

- Criterio de seguridad

Es la visibilidad de parada, la longitud de curva que permite que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K * A$$

Donde:

LCV: Longitud de curva vertical

K: Constante que depende de las velocidades de diseño

A: Diferencia algebraica de pendientes de entrada y salida

- Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa y concavas, sirve para evitarle al usuario la impresión de un cambio drástico de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

Donde:

LCV: Longitud de curva vertical

K: Taza de curvatura vertical

A: Diferencia de pendientes

- Criterio de comodidad

Para curvas verticales concavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V_D}{395}$$

Donde:

LCV: Longitud de curva vertical

V_D: Velocidad de diseño

K: Taza de curvatura vertical

A: Diferencia de pendientes

- Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y concavas, alojadas en corte, se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

En la siguiente tabla se encuentran los valores de la constante *K* para distintas velocidades de diseño.

Tabla V. Valores de K según tipo de curvatura

Velocidad de diseño (km/h)	Valores de k según tipo de curvatura	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: PAIZ, Byron. *Guía de cálculo para carreteras*. p. 62

- Longitud de curva vertical mínima

La longitud mínima de las curvas verticales, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$L_{min} = K * A$$

Donde:

L_{min} : Longitud mínima de la curva vertical (m)

K : Parametro de la curva

A : Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales (%)

- Subrasante

Las curvas verticales pueden ser concavas o convexas, según su forma. La corrección máxima en la curva vertical es la ordenada Maxima y puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$OM = \frac{A * LCV}{800}$$

Donde:

OM: Ordenada máxima

A: Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales (%)

LCV: Longitud de curva vertical

Ejemplo de cálculo de los elementos de curva vertical, con los siguientes datos:

- Cálculo Curva 1 (Cóncava)

$$\Delta = 4,301 \% - 8,082 \% = -3,781 \%$$

- Principio de Curva Vertical (PCV)

$$PCV = 0 + 040,000 - \frac{20}{2} = 0 + 030,000$$

- Principio de Tangente Vertical (PTV)

$$PCV = 0 + 040,000 + \frac{20}{2} = 0 + 050,000$$

- Ordenada Máxima (OM)

$$OM = \frac{-3,781 \% * 20,00}{800} = -0,0009$$

- Elevación PCV Tang

$$Elev PCV = 1\ 389,1340 - (-3,781) * \frac{20,00}{2} = 1\ 388,704$$

- Elevación PIV Tang

$$Elev\ PIV = 1\ 388,704 + 4,301\ \% * \frac{20}{2} = 1\ 389,1342$$

- Elevación PTV Tang

$$Elev\ PCV = 1\ 389,1340 + (-3,781) * \frac{20,00}{2} = 1\ 389,942$$

Tabla VI. **Cálculo de los elementos de curva vertical**

Z (n)	Descripción	Estación	Elevación (S/Tang.)	Elevación (S/Curva)
0	PCV	0+030,000	1388,704	1388,704
1	PIV	0+040,000	1389,323	1389,323
2	PTV	0+050,000	1389,942	1389,942

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla VII. **Resumen de cálculo de curvas verticales**

No. De curva	Est. PIV	Elevación	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia Δ	Tipo de curva	Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (m)	Ordenada Máxima (OM)
1	0+040,000	1389,1340	4,301	8,082	-3,781 %	Cóncava	20,00	20,00	-0,0009
2	0+220,000	1400,1979	2,391	-0,153	2,544 %	Convexa	40,00	20,00	0,0012
3	0+400,000	1400,5187	3,513	6,748	-3,236 %	Cóncava	20,00	20,00	-0,0008
4	0+980,000	1447,9479	7,745	2,392	5,353 %	Convexa	40,00	20,00	0,0026

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.5.2.4. Correcciones y subrasante corregida

La corrección para cualquier punto en una curva vertical se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{A * l^2}{200 * LCV}$$

$$K = \frac{A}{200 * LCV}$$

$$Y = K * l^2$$

Donde:

Y = corrección en cualquier punto de la curva

l = distancia a partir del extremo al punto en que se desea conocer la corrección vertical.

Este método puede llevarse a cabo con apoyo del *software* Autodesk Civil 3D.

2.1.6. Movimientos de tierras

Esta actividad consiste en el cálculo de la cantidad de terreno que se requiere cortar y rellenar, con el fin de conformar el trazo de la carretera.

El movimiento de tierras es una de las actividades de mayor importancia, ya que afecta considerablemente en el costo de la misma. Por esto deber ser lo más económica posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino especifique.

2.1.6.1. Dibujo de secciones transversales

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera determina el volumen de movimiento de tierras, necesario en la construcción de un proyecto carretero.

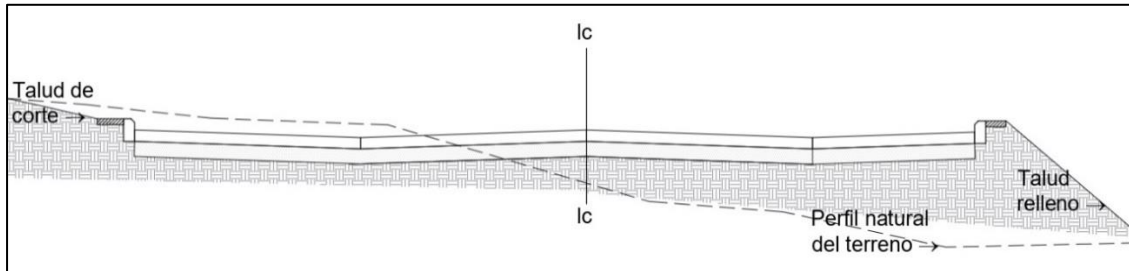
Tomando en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural. Se toma como área de relleno lo que está por debajo del terreno natural y como área de corte lo que está por arriba del terreno natural, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica. Se estimarán el ancho de rodadura, con sus pendientes de bombeo de 3 % o el peralte que sea apropiado, el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente, taludes de corte y relleno según presente el caso.

Es de hacer notar que cuando es necesario se marca un espacio de remoción de capa vegetal en el que se cortara en una profundidad aproximada de 30 cm, este se considera en un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

Se mide o calcula el área enmarcada entre el trazo del perfil, clasificando así separadamente el corte y el relleno necesario.

Para llevar a cabo el dibujo de secciones transversales, se utilizó el programa AutoCAD.

Figura 3. **Sección transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.1.1 **Dibujo de secciones típicas**

Sección típica en tangente. Consiste en plotear la diferencia entre la subrasante y el nivel, arriba o debajo de la sección transversal, según sea el caso, a partir de este punto se debe trazar la sección típica; dibujar la mitad de la típica a ambos lados de la línea central, siendo la inclinación de la típica de 3 % (bombeo normal) a ambos lados, dicho bombeo puede llegar a variar.

Sección típica en curva. Plotear la diferencia como se menciona en la sección típica en tangente, colocándose a la izquierda o derecha de acuerdo con el valor del corrimiento de la curva. El peralte indica la inclinación de la sección típica; cuando el peralte es menor del 3 % y la curva es hacia la izquierda, el lado izquierdo de la sección típica, permanece con el 3 % y el lado derecho de la sección se suma o resta del peralte con el porcentaje calculado en esa estación para el lado hacia dónde va la curva.

El sobreebanco se suma al ancho de la sección de adentro de la curva. Si el ancho de la típica se midió a partir de la línea central, restar el corrimiento del lado opuesto a la curva.

En casos en que el peralte sea mayor del 3 %, se inclina toda la sección típica hacia el lado donde va la curva, de acuerdo con el porcentaje calculado en cada estación.

Para llevar a cabo el dibujo de secciones típicas, se utilizó el programa CivilCAD 3D.

2.1.6.2. Determinación de áreas

Existen dos métodos para la determinación de áreas, los cuales son:

- El método Grafico:

Consiste en la determinación del área de la sección dibujada y delimitada por los contornos de la sección típica y la sección transversal del nivel inferior de la capa vegetal por medio de un planímetro polar graduado a escala de la sección.

- El método analítico:

Ya que las secciones transversales están ploteadas, podemos determinar las coordenadas para los puntos que determinan el área, referidas a la línea central y luego, por el método de las determinantes encontrar el área de la sección.

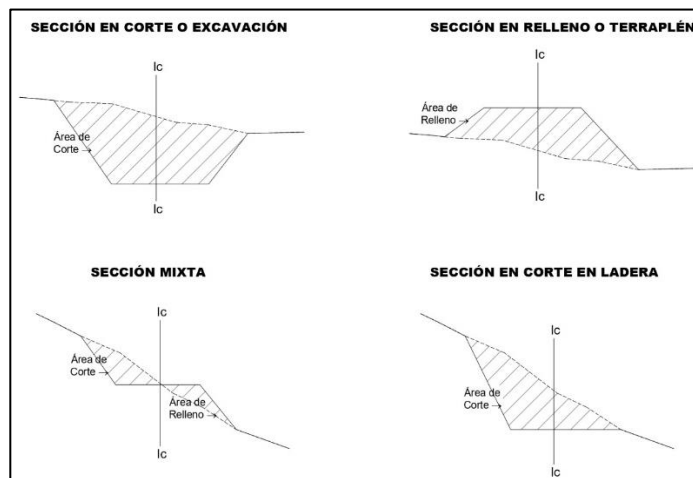
Para llevar a cabo la determinación de áreas, se utilizó el programa CivilCAD 3D.

2.1.6.3. Cálculo de volúmenes

Cada una de las áreas calculadas anteriormente constituye un lado de un prisma de terreno que deber rellenarse o cortarse. Para realizar este procedimiento, fue utilizado el programa CivilCAD 3D.

Existen diferentes tipos de secciones transversales, las cuales se muestran a continuación:

Figura 4. Tipos de secciones transversales



Fuente: elaboración propia, empleando CivilCAD 3D.

Suponiendo que el terreno se comporta de manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de las áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas y se obtienen los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, son el método de áreas medias en

donde el volumen entre dos secciones consecutivas del mismo tipo, con corte o relleno, está dada por la siguiente ecuación:

$$Vol = \frac{A1 * A2}{2} * D$$

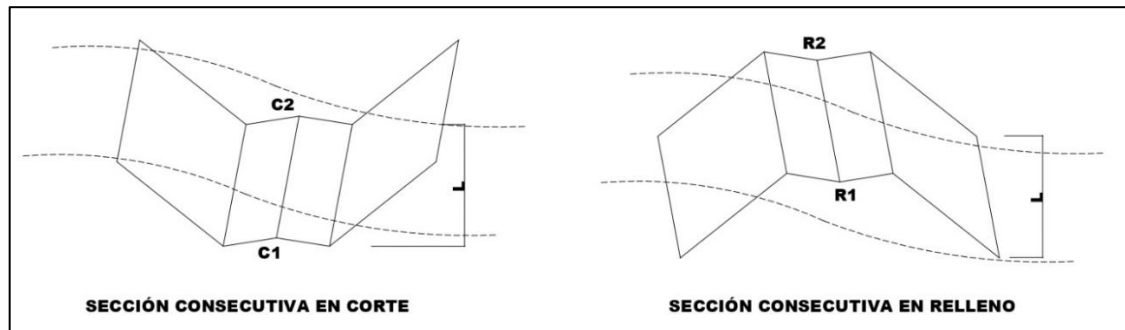
Donde:

Vol = volumen entre ambas secciones (m³)

A1 y A2 = áreas de secciones consecutivas (m²)

D = distancia entre secciones (20 m)

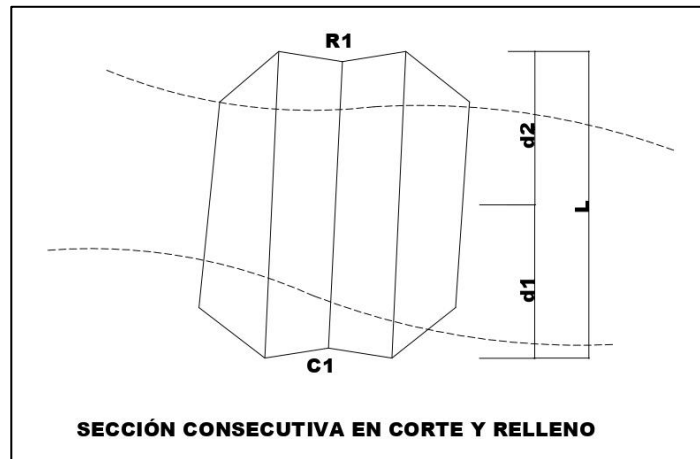
Figura 5. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: elaboración propia, empleando CivilCAD 3D.

Quando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una distancia de paso, que es el punto donde el área de la sección entre secciones cambia de corte a relleno y viceversa. Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

Figura 6. **Volúmenes entre secciones de diferente tipo**



Fuente: elaboración propia, empleando CivilCAD 3D.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte C y el área de la distancia de paso que es cero; y el volumen de relleno entre el área de relleno R y el área de la distancia de paso, se calculan por medio de las siguientes ecuaciones:

$$V_c = \frac{C}{2} * dc$$

$$V_r = \frac{R}{2} * dr$$

$$dc = \frac{C}{C + R} * D$$

$$dr = \frac{R}{C + R} * L$$

Donde:

V_c = volumen de corte (m³)

V_r = volumen de relleno (m³)

C = área de corte (m²)

R = área de relleno (m²)

dc = distancia de corte (m)

dr = distancia de relleno (m)

D = distancia entre secciones (20 m)

Para observar la tabla de volúmenes y secciones transversales, ver planos en el apéndice.

2.1.6.4. Cálculo de balance y diagrama de masas

Después de haber calculado los volúmenes de corte y relleno, se continúa con el cálculo de los valores de balance. Estos servirán para formar el diagrama de masas o curva de Bruckner que, combinada con el diseño de la línea de balance, nos permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras.

Al valor inicial o al de la sección transversal anterior se le suma el volumen de corte afectado por el coeficiente de variabilidad volumétrica de contracción. A esto se le resta el volumen de relleno de la sección considerada.

Las siguientes ecuaciones nos permiten determinar el balance cuando se tiene una contracción o hinchamiento, pasando el relleno a corte.

$$Bi = Ba + C - \frac{R}{1-\%C} \text{ (Contracción)}$$

$$Bi = Ba + C - \frac{R}{1-\%H} \text{ (Hinchamiento)}$$

Donde:

Bi = balance en cualquier estación

Ba = balance anterior

C = Corte

R = Relleno

%C = variable según estudio de suelos

%H = variable según estudio de suelos

El valor del balance inicial está en función del tipo de terreno y en la siguiente tabla se muestran los posibles valores:

Tabla VIII. **Balance inicial según tipo de terreno**

Tipo de terreno	Descripción	Balance inicial (m³)
Montañoso	$C > R$	10 000 - 20 000
Ondulado	$C \approx R$	30 000 - 50 000
Llanos	$R < C$	100 000 - 120 000

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Este método no fue aplicado en el proyecto, porque no existió movimiento de tierras, fue mínimo ya que se adaptó a lo existente.

2.1.7. Diseño de carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito, se coloca encima de la base cuando es un pavimento flexible y muchas veces sobre la sub-base cuando es un pavimento rígido y está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible; o por una losa de concreto hidráulico de Cemento Portland si es pavimento rígido o por adoquines si es una pavimentación semiflexible.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

2.1.7.1. Tipos de carpeta de rodadura

Existen algunos tipos de carpeta de rodadura que pueden adaptarse a las necesidades del proyecto, presupuesto y condiciones del medio donde se sitúa una carretera, por lo que estas pueden realizarse en frío o en caliente, entre estas se encuentran cuatro tipos.

El primero es la capa de riego de sello, aplicada en frío, mejora la resistencia ante los derrapamientos brindándole seguridad a la superficie. Es recomendable emplearla cuando el material de la carretera es una base hidráulica y tiene un alto rebote elástico.

Existe también el mortero asfáltico, se debe aplicar en frío y se conforma por materiales pétreos de granulometría fina. Este puede emplearse para corregir desprendimientos menores de la carpeta asfáltica.

El *Stone Mastic Asphalt* (SMA) es aplicada en caliente, se integra por agregados pétreos, en algunos casos por asfalto modificado y fibra de celulosa. Comúnmente es aplicada sobre capas de mezcla asfáltica, brindando una superficie uniforme y previniendo el almacenamiento de agua en la superficie. Debido a su alto contenido de asfalto, en comparación con otro tipo de mezclas, su envejecimiento llega a ser más lento.

La capa de textura abierta, que también es uno de los métodos aplicados en caliente, se conforma por agregados pétreos y su granulometría es abierta con

bajo contenido de finos. Es recomendable aplicarla en caminos donde las precipitaciones pluviales sean superiores a los 800 mm al año.

2.1.7.2. Selección de la carpeta de rodadura

Diversos factores influyen en la toma de decisiones al momento de arrancar un proyecto, por lo cual se recomienda siempre tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Tiempo de vida de la carretera y su carpeta de rodadura.
- Seguridad y confort para los usuarios con respecto a las condiciones climáticas del lugar.
- Aspectos económicos y presupuesto del proyecto.
- Características funcionales.
- Rango de tránsito que tendrá la obra.
- Velocidad de proyecto de la carretera

Se selecciona el pavimento rígido, como una decisión de la institución que orientó el proyecto, debido a las ventajas que proporciona en cuanto a durabilidad y costos para ejecutar la obra.

2.1.7.2.1. Determinación de TPD

Es importante conocer el tránsito promedio diario que circula por la carretera existente, tomando en cuenta el porcentaje de tránsito pesado, de esta manera se conocerá la carga aproximada que debe resistir el pavimento y la acumulación de sus efectos, durante el periodo de diseño. Se recurre a seleccionar un dato según la carretera a elegir, la cual es una tipo F. El tránsito promedio diario actual del camino existente es aproximadamente de 90 vehículos, con un tránsito pesado menor al 10 % que equivale a 9 vehículos.

2.1.7.2.2. Método simplificado PCA

La Asociación del Cemento Portland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada, para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

Estos son: método de capacidad, que es utilizado cuando se cuenta con la información detallada de datos de carga por eje de los vehículos que transitan por la carretera; que son obtenidos de estaciones representativas de peso de camiones y método simplificado; que se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

Tabla IX. **Clasificación de vehículos según su categoría**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tándem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras	700 a 5 000	5 a 18	De 40 a 1 000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) Supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3 000 a 12 000 para 2 carriles 3 000 a 5 000 para 4 carriles o mas	8 a 30	De 500 a 5 000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto)	3 000 a 20 000 para 2 carriles, 3 000 a 15 000 para 4 carriles o mas	8 a 30	De 1 500 a 8 000	34	60

Fuente: Dirección General de Caminos. *Proyectos de construcción y recuperación*.
<https://www.caminos.gob.gt/proyectos.html#Proyectos>. Consulta: 19 de mayo de 2019.

Para el diseño del pavimento rígido se utilizará el método simplificado propuesto por la Asociación del Cemento Portland (PCA) donde se cuenta con tablas de datos tabulados para distribuciones de carga-eje en función de diferentes categorías de tránsito esperado para tramos.

- Módulo de reacción de subrasante (k):

Estas tablas se formularon para un período de diseño de 20 años y tienen un factor de seguridad de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3, y 4 respectivamente.

Una vez conocida la categoría a la que pertenece se encuentra el módulo de reacción K. Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio, en este caso, es de 14 al 95 % de compactación. Este módulo es realmente una

propiedad de apoyo que se ofrece al tráfico, está definida como la pendiente o razón de cambio de la gráfica carga deformación obtenida *insitu* por el ensayo de disco normado por ASTM D-196 y su resultado se expresa en carga contra volumen (kg/cm³ o lb/in³).

Este valor es función de la clasificación de suelo, realizada por granulometría y límites de consistencia, o de su valor de CBR. Utilizando cualquier criterio se obtiene un valor ambiguo, por lo que K no será muy exacto; esto no repercute de forma apreciable en los requerimientos del espesor de la carpeta de rodadura (ver anexo).

El módulo de reacción K es de 6,25 Kg / cm³, que es equivalente a 226,00 PSI. Identificado el módulo de reacción K, se clasifica la subrasante según la siguiente tabla. Este módulo se obtiene con un 15 % de la resistencia del concreto.

Tabla X. **Tipos de suelos de subrasante y valores de K**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K (PSI)
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 - 220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Fuente: Dirección General de Caminos. *Proyectos de construcción y recuperación*.
<https://www.caminos.gob.gt/proyectos.html#Proyectos>. Consulta: 19 de mayo de 2019.

- Módulo de ruptura del concreto (M_r):

Debido al paso de vehículos sobre la carpeta de rodadura se producen esfuerzos combinados de flexión y compresión; la compresión es mínima por lo que, por criterio, se desprecia en el diseño.

En cuanto a los esfuerzos flexionantes, estos son de gran magnitud y por lo tanto sus valores se usan para el diseño del espesor del pavimento rígido. La fuerza de flexión se determina por el módulo de ruptura del concreto M_r , el cual, en definición, es el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga prismática de concreto.

Esta resistencia es sumamente baja y de determinación ambigua pues existen concentraciones de esfuerzo cuando se trata de dar agarre al elemento en su ensayo; sin embargo, una buena aproximación se da por el método de ensayo de hendido donde la tensión máxima probable será 10 a 20 % de la resistencia a la compresión del elemento. Como una propuesta real, se da un $f' = 4\ 000$ PSI y un 15 % de tensión máxima probable; por lo que:

$$M_r = 600 \text{ lb/pulg}^2$$

Según la siguiente tabla, el espesor del pavimento es de 6,5 pulgadas, como consecuencia de ser una subrasante estable y aporta el soporte necesario para la pavimentación.

Tabla XI. **Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr y K**

MR	Espesor de la losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante – Subbase				Espesor de la losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante – Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5	3	9	42	
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5		1	8	
	6.5		8	24	100	5.5	1	8	23	
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5		3	17	
	7		11	34	50	6	3	14	41	
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	220			7.5	1100			
	9	2400								

Fuente: Dirección General de Caminos. *Proyectos de construcción y recuperación*.
<https://www.caminos.gob.gt/proyectos.html#Proyectos>. Consulta: 19 de mayo de 2019.

2.1.7.3. Diseño de Juntas

Las juntas tienen por objetivo principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que aseguren la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento.

La mayoría de grietas en el concreto son debidas a tres efectos.

- Cambio de volumen por encogimiento por secado
- Esfuerzos directos por cargas aplicadas
- Esfuerzos de flexión por pandeo

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto caen dentro de dos clasificaciones: transversales y longitudinales, que a su vez se clasifican como de contracción, de construcción y de expansión.

En este caso se diseñaron juntas longitudinales al centro del ancho de calzada. Las transversales fueron juntas cerradas distribuidas a cada 3,50 m.

2.1.7.4. Diseño de mezcla

El procedimiento descrito en ACI 211.1 detalla dos métodos de proporcionar mezclas de concreto de peso normal y denso que son:

- Basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario.
- Basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto.

Los métodos descritos proporcionan una aproximación preliminar de las cantidades de materiales necesarios para elaborar la mezcla del concreto, que luego deben ser verificadas mediante mezclas de prueba en el laboratorio o en el campo y efectuar ajustes que sean necesarios, con el objetivo de lograr las características deseadas en el concreto fresco y endurecido.

Los pasos a seguir para el diseño de mezcla propuesto por el ACI 211.1 es el siguiente:

- Elección del revenimiento.
- Elección del tamaño máximo de agregado.
- Cálculo de agua de mezclado y el contenido de aire.
- Selección de la relación agua-cemento.
- Cálculo del contenido de cemento.
- Estimación del contenido de agregado grueso.
- Estimación del contenido de agregado fino.
- Ajuste por humedad del agregado.
- Ajustes en las mezclas de prueba.
- Descripción del método de proporcionamiento de mezclas de concreto del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

La resistencia y durabilidad (calidad) del concreto esta principalmente relacionada con la relación agua-cemento de la pasta y con la granulometría y tipo de partículas del agregado. Pero, además del requisito de la trabajabilidad de un concreto afecta la relación agua-cemento y la proporción relativa de agregados gruesos y finos a usarse.

Una vez determinada la resistencia y trabajabilidad requeridas, los datos de relación agua-cemento y la cantidad aproximada de agua para alcanzar la trabajabilidad requerida, se toman de la tabla, dependiendo del tipo y tamaño del agregado.

Luego se calcula el cemento, los agregados (el porcentaje de arena se toma de la tabla, de acuerdo con su módulo de finura y tamaño máximo del agregado).

Se calculan entonces por volumen absoluto o volumen de sólidos, las cantidades de materiales necesarios. Se pesan estos volúmenes.

Trabajabilidad o ductilidad deseada:

Se mide usualmente por asentamientos en el cono de Abrahms.

Tabla XII. **Asentamientos usuales**

TIPO	Clases de concreto	Asentamiento	Consistencia
A	Concreto mezclado a máquina y colocado con vibrador	0-2 2-5	Seca plástica
B	Concreto mezclado a mano o a máquina, colocación apisonado manual	5 a 10	Blanda
C	Fundición de secciones angostas y profundas	10 a 15	Fluida

Fuente: Escuela de Ingeniería Civil. *Manual de laboratorio del curso de Materiales de Construcción*. p. 12.

Requisitos especiales (durabilidad, impermeabilidad y resistencia al desgaste).

Si el concreto estuviera sujeto a la acción del clima severo, aguas agresivas o deber ser impermeable, esto obliga a reducción del grado de concentración de pasta (relación agua-cemento), al uso de agregados especiales u otras alternativas, por lo que en estos casos se debe consultar al laboratorio.

- Obtención de datos de los materiales a usar:

Cemento: tipo y calidad, peso específico y peso unitario volumétrico.

Agregados: peso específico, peso unitario, porcentaje de absorción, módulo de finura (granulometría) y otras características: tamaño máximo, textura, composición mineralógica.

- Se elabora el diseño con base en el siguiente:

El grado de concentración de pasta para la resistencia media requerida a 28 días.

La consistencia y cantidad de agua: se toma la cantidad de agua correspondiente a la concentración de pasta y según el tamaño máximo de agregados a usar, se corrige de acuerdo con la trabajabilidad deseada y la clase de agregados que se usara (grava o piedra).

La cantidad de cemento: conociendo la concentración de la pasta y la cantidad de agua necesaria para producir la consistencia que exige la trabajabilidad dada, se calcula la cantidad de cemento. Para esto se multiplica la relación cemento-agua por la cantidad de agua necesaria. Puede lograrse también dividiendo la cantidad de agua necesaria entre la relación agua-cemento.

La proporción de la mezcla de agregados, determinación de porcentaje de arena: con base en el módulo de finura y el tamaño máximo del agregado, se toma de la tabla núm. 4, el porcentaje de agregado fino en volumen absoluto o sólido sobre agregado total. Se supone que el agregado grueso esta graduado correctamente. Si este no es el caso, se procede a mezclar 2 o más tipos de agregados gruesos para que den la graduación específica. Si el concreto llevara atrapador de aire, si se requiere concreto menos trabajable, o se usa piedrín en vez de grava, se corregirá el porcentaje de arena. Siempre deberá tratarse de usar la menor cantidad de arena posible sin menoscabo de la pastosidad y trabajabilidad de la mezcla.

Solo con los porcentajes de arena señalados en la tabla núm. 5, se obtiene concreto pastoso, estos deberán dejarse, aumentándose el agregado grueso.

Obteniendo el porcentaje de arena en volumen absoluto se conocerá también el porcentaje de agregado grueso en volumen absoluto sobre agregado total.

- Cálculo de proporciones de la mezcla por metro cúbico

Para establecer la dosificación por metros cúbicos es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

El agua se evapora en parte, es parcialmente absorbida por los agregados y el resto forma la pasta agua-cemento, que retrae bastante antes de fraguar.

La concentración del concreto fresco es del orden del 2 al 2,5 %. Por tanto, la suma de volúmenes absolutos o de sólidos reales de los materiales (incluyendo el aire atrapado) deberá ser 1 020 m³ con el fin de obtener el m³ de concreto endurecido.

De modo pues, que los materiales se proporcionaran sobre 1 m³ y después ya para hacer la mezcla, esta deberá calcularse para 1,02 m³ de concreto fresco.

Tabla XIII. **Tipos de estructura**

Tipos de estructura	Asentamiento
Para cimientos, muros perforados, vigas, paredes reforzadas y columnas	10
Para pavimentos y losas	8
Concreto masivo	5

Fuente: elaboración propia, con información del CII 2002, empleando Microsoft Excel.

Tabla XIV. **Asentamientos**

Asentamientos (cm)	Cantidad de agua (L/m ³)				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: elaboración propia, con información del CII 2002, empleando Microsoft Excel.

Tabla XV. **Resistencia en relación agua-cemento**

Resistencia Relación A/C	
Kg/cm ²	Agua - cemento
352	0,47
316	0,5
281	0,54
246	0,57
210	0,6
176	0,64

Fuente: elaboración propia, con información del CII 2002, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVI. **Tamaño del agregado grueso**

Tamaño máximo agregado grueso	% arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

Fuente: elaboración propia, con información del CII 2002, empleando Microsoft Excel.

Procedimiento de diseño de mezcla de concreto del Centro de Investigaciones de Ingeniería

Se necesita un concreto $f'c = 4\ 000\ \text{psi}$, ($281\ \text{kg/cm}^2$)

Se piensa usar un agregado de $\frac{3}{4}$ "

- Paso 1. Para pavimentos según la tabla XVIII el revenimiento es de 8 cm.
- Paso 2. Conociendo

Asentamiento de 8

Agregado de $\frac{3}{4}$ "

De tabla X

La cantidad de agua 200 lts/m³

- Paso 3. Sabiendo que: un mililitro de agua pesa 1 grm. Entonces 200 lts/m³ pesan 200 kg/m³. Entonces de la tabla XI se tiene la relación de agua-cemento que al interpolar los datos de la tabla da 0,61.

Siguiendo el diseño:

Cantidad de cemento = agua/0,54

Cemento = $200/0,54 = 370 \text{ kg/m}^3$

Se asume que peso unitario resultante es 2 300 Kg/m³.

Peso de agregado = peso total – peso (agua + cemento)

$2\ 300 - (200+370) = 1\ 730 \text{ kg}$

- Paso 4. Conociendo:

Agregado grueso $\frac{3}{4}$ "

De tabla XI

Porcentaje de arena del total = 44 %

Entonces:

$$\text{Arena} = 0,44 * 1\ 730 = 761,20 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1\ 730 - 761,20 \text{ kg} = 968,80 \text{ kg}$$

Entonces se tiene:

Agua.....	200 kg
Cemento.....	370 kg
Arena.....	761,20 kg
Agregado grueso.....	968,80 kg

Que al relacionarlo con respecto al concreto se tiene:

$$\frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} = \frac{761,20}{370} = 2,06$$
$$\frac{\text{Piedrin}}{\text{Cemento}} = \frac{968,80}{370} = 2,62$$

El diseño quedará: (proporción en peso)

Cemento – arena – piedrín (3/4")		
1	2,06	2,62

Relación agua-cemento = 0,54 en peso
(proporción en volumen)

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Peso Cemento}}{\text{P.U. Cemento}} = \frac{370}{1\ 506} = 0,25 \text{ m}^3$$
$$\text{Arena} = \frac{\text{Peso Arena}}{\text{P.U. Arena}} = \frac{761,20}{1\ 530} = 0,50 \text{ m}^3$$

$$Piedrin\ 3/4" = \frac{Peso\ Piedrin}{P.U.\ Piedrin} = \frac{968,80}{1\ 395} = 0,69\ m^3$$

El diseño quedará: (proporción en volumen)

Cemento – arena – piedrín (3/4")

1 2 2,76

Esta proporción es teórica, sin embargo, por efectos prácticos en campo se recomienda una proporción de 1:2:2 y según la experiencia este diseño responde a la propuesta de utilizar concreto con resistencia de 4 000 psi, (281 kg/cm²).

En resumen, para un período de diseño de 30 años, se considera el espesor de capa de base con balasto de 15 centímetros compactado al 95 % de proctor modificado, para la superficie de rodadura se considera una estructura de concreto rígido de 15 centímetros, el concreto de cemento portland para pavimento, con una resistencia a la compresión AASHTO t-22 mínima de 4 000 libras/pulg² y una resistencia a la flexión AASHTO T-97 mínima de 650 lb/plg², determinadas sobre especímenes preparado según AASHTO 126 y T-23, ensayados a los 28 días, juntas transversales a cada 3 metros y junta longitudinal a media sección acerrada de 2mm de espesor, la pendiente de bombeo es de 3 %, construcción de cuneta en talud de corte y contra cunetas donde lo indiquen los planos.

2.1.8. Drenajes

El objetivo fundamental del drenaje, es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar la carretera; esto se logra evitando que el agua llegue a ella o bien dando salida a lo que, inevitablemente, le llega. Los

daños ocasionados por el agua encarecen el costo de la construcción y el mantenimiento, y a veces interrumpen el tránsito.

El cuidado en el estudio no solo es aplicable a cruces de grandes ríos, sino para cualquier obra de drenaje, por pequeña que sea; pues el drenaje menor, es el que regula la vida de la carretera. El peor enemigo de una carretera es el agua no controlada.

El drenaje por ser tan importante en la construcción de una carretera se le ha denominado también como obras de arte, clasificándose de la siguiente forma:

Obras de arte

- Transversal
- Puentes
- Alcantarillas
- Bóvedas
- Longitudinales
- Cunetas
- Contracunetas
- Subdrenaje
- Tubería perforada
- Drenaje francés
- Obras de protección
- Muros
- Revestimientos
- Desarenadores
- Disipadores de energía

Para determinar la necesidad de obras de arte en la carretera como puentes, alcantarillas, bóvedas, cunetas y contracunetas, lo más recomendable es realizar una inspección de campo, ubicando con exactitud los puntos donde será necesario colocar los drenajes. En la inspección de campo se deberá de anotar todos los pasos de agua existentes con sus coordenadas, y anotar la creciente máxima (visual), las condiciones del lecho (ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedra suelta y tamaño), la vegetación de la cuenca, el esviaje con respecto de la carretera, los parámetros cuantificables como longitud, perímetro, área y un dibujo con la forma del lecho y socavación donde el paso del agua provoca erosión.

2.1.8.1. Ubicación de drenajes

La distribución de los drenajes y su correcto posicionamiento en el proyecto permitirá la calidad del adecuado funcionamiento, es por ello que se emplea el método racional para el cálculo de áreas de descarga.

Para la ubicación de los drenajes longitudinales se evaluó la construcción según como se tributan aguas en algunos puntos donde pueda formarse minicuenas, por lo que fue necesario realizar el diseño de cunetas, llevándolas hacia los puntos más bajos para poder drenar esas aguas mediante drenajes transversales, que a la vez llevaran un cabezal de descarga y serán drenadas hacia ríos existentes.

Los detalles y planos correspondientes a los drenajes del proyecto se encuentran en la sección de apéndice de este documento.

2.1.8.2. Cálculo de áreas de descarga, método racional

El método racional es el más utilizado y permite determinar el caudal en metros cúbicos por segundo. Se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Figura 7. Área de influencia de la cuenca



Fuente: Recupera patzcuaro. *La cuenca*. <http://recuperapatzcuaro.com/lacuenca.php#>.

Consulta: 25 de mayo de 2019.

Se basa en la relación directa entre caída de lluvia y flujos, que pueden expresarse por la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q = caudal de diseño en metros cúbicos/segundo

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = intensidad de lluvia en milímetro/hora

C = coeficiente de escorrentía

Los parámetros de intensidad de lluvia son proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), según la región de estudio. La intensidad está dada por:

$$I_{tr} = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Donde:

I_{tr} = intensidad de lluvia (mm/h)

t = duración de la lluvia (min)

A y B = parámetro de ajuste

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas o con base en aspectos hidráulicos de las corrientes. Una de las fórmulas utilizadas en nuestro medio es la de Kirpich, que utiliza el desnivel y longitud del cauce.

$$t_c = \frac{3 * L^{1,15}}{154 * H^{0,38}}$$

Donde:

L = longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria (m)

H = desnivel de dicho cauce

Tabla XVII. **Valores de máximos y mínimos de coeficiente de escorrentía**

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras varias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas urbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Apareamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES, Andrés. *Método de los coeficientes de escorrentía*. p. 15.

El coeficiente de escorrentía C se estima con base en las características hidrogeológicas de las cuencas. En la tabla XII se puede encontrar los valores indicativos del coeficiente de escorrentía para los diferentes tipos de topografía, vegetación y textura del suelo. Para el presente diseño se tomó un coeficiente de escorrentía de 0,30 ya que el terreno es bosque, la topografía es llana y la textura del suelo es limosa.

El periodo de retorno a utilizar es de 30 años y por medio de este se determinarán los parámetros de ajuste, según la tabla XIII

Tabla XVIII. **Valores indicativos de coeficiente de escorrentía**

Cobertura del suelo	Tipo de suelo	Pendiente (%)				
		>50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES, Andrés. *Método de los coeficientes de escorrentía*. p. 15.

2.1.8.3. **Diseño de drenaje longitudinal**

Son zanjas abiertas en el terreno, revestidas o no, recogen y canalizan longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. Sus dimensiones se deducen de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de la lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada, entre otras.

Figura 8. **Drenaje longitudinal en carreteras**



Fuente: Cemento Sinka. *Tipos de cuencas, el drenaje en las carreteras.*
<http://www.cementosinka.com.pe/blog/tipos-de-cunetas-el-drenaje-en-las-carreteras/>. Consulta:
25 de mayo de 2019.

En general la pendiente mínima para los proyectos de carreteras es 0,5 %.

Si el agua de escurrimiento o de infiltración alcanza la carretera, y esta no está provista de los elementos necesarios para conducirla o desviarla, puede ocasionar la inundación de la calzada, el debilitamiento de la estructura de la carretera y la erosión o derrumbe de los taludes.

Por lo tanto, una evacuación correcta de las aguas superficiales es indispensable para evitar que el agua, por un prolongado estancamiento sobre la calzada, pueda infiltrarse en grandes cantidades y sea sobre la propia calzada o en el terreno subyacente.

Los métodos basados en observaciones directas requieren levantamientos cuidadosos del área contribuyente y de las características de la corriente.

Para la ejecución del drenaje longitudinal en el proyecto, se propone la colocación de tubo 6 m corrugado, con empaque norma AASHTO M-304 24", que conecta a las cajas colectoras.

Figura 9. **Propuesta de drenaje longitudinal**



Fuente: elaboración propia, empleando CivilCAD 3D.

2.1.8.4. Diseño de drenaje transversal

El diseño de alcantarillas de una carretera se realizará, tomando en cuenta dos pasos básicos: el análisis hidrológico de la zona por drenar y el diseño hidráulico de las estructuras.

El análisis hidrológico permite la predicción de los valores máximos de las intensidades de precipitación o picos de escurrimiento.

El diseño hidráulico permite establecer las dimensiones requeridas de la estructura para desalojar los caudales aportados por las lluvias.

Se puede manifestar que las alcantarillas ayudan a drenar aguas provenientes de cunetas, o de pequeñas cuencas.

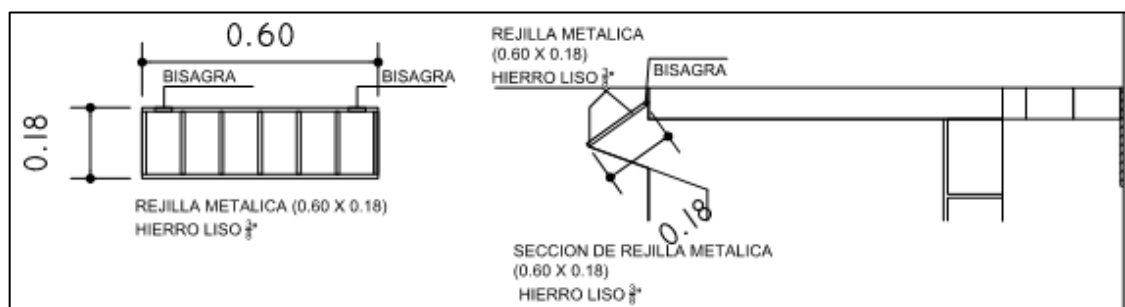
No obstante, los sistemas de drenaje inciden en los costos de conservación y mantenimiento de las carreteras, es necesario que las alcantarillas sean proyectadas considerando que su funcionamiento deberá estar acorde con la conservación de la vía y su mantenimiento.

Desde el punto de vista hidráulico es importante establecer si la alcantarilla trabajara o no a presión, para estimar sus dimensiones.

En el diseño de las alcantarillas se debe considerar cual es la extensión de la cuenca del drenaje, de acuerdo con la extensión se elige el tipo de alcantarillas de acuerdo al material que la constituye.

Para la ejecución del drenaje transversal en el proyecto, se propone la colocación de rejillas metálicas ubicadas en los puntos críticos del tramo, estas a su vez se conectan a las cajas colectoras.

Figura 10. **Propuesta drenaje transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.9. Planos

Los planos constituyen, junto al presupuesto, los parámetros importantes para la toma de decisiones de parte de la entidad que dará financiamiento al proyecto. En los planos se resume la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos. Se realizaron utilizando el *software* AutoCAD Civil 3D 2017.

Los planos generados son los siguientes:

- Planta de localización y ubicación
- Planta general
- Planta perfil
- Secciones
- Detalles de pavimento y juntas
- Detalles de drenaje

2.1.10. Presupuesto

La integración del presupuesto fue realizada con base en renglones de trabajo, los cuales incluyen el desglose en precios unitarios. El precio unitario está compuesto por material y herramienta, equipo y maquinaria, mano de obra calificada y no calificada y un factor de indirectos del 35 % que incluye gastos administrativos, finanzas, supervisión y utilidad.

2.1.10.1. Resumen presupuesto

Se presenta a continuación una tabla que contiene los renglones generales que abarcan el desarrollo y ejecución del proyecto, así como la integración del factor indirecto, para dar respuesta al valor del proyecto.

Tabla XIX. **Presupuesto de drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz**

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Replanteo topográfico	770,00	ml	Q 9,00	Q 6 930,00
Excavación de cajuela (t=0,15)	849,00	m3	Q 80,00	Q 67 920,00
Conformación de sub rasante	5 390,00	m2	Q 11,00	Q 59 290,00
Compactación de sub rasante	5 390,00	m2	Q10,50	Q 56 595,00
Capa base 0,15 m de espesor	809,00	m3	Q 235,00	Q 190 115,00
Concreto hidráulico t=0,15	5 390,00	m2	Q 396,00	Q 1 988 910,00
Bordillo	1640,00	ml	Q100,00	Q 164 000,00
Drenaje transversal	422,00	ml	Q 860,00	Q 362 920,00
Cajas de recolección pluvial	38,00	u	Q 1 000,00	Q 38 000,00
Señalización vial	2 510,00	ml	Q 136,50	Q 342 615,00
Rótulo del proyecto	1,00	u	Q 2 258,60	Q 2 258,60
TOTAL				Q3 279 553,60

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.11. Cronograma de ejecución física y financiera

Se desarrolla el plan de trabajo conforme al tiempo de ejecución e inversión durante la ejecución de la obra, con la finalidad de brindar una adecuada planificación del proyecto.

2.1.12. Evaluación de impacto ambiental

Cada proyecto que se ejecuta, genera un impacto en el medio, es por esta razón que debe preverse con antelación una manera de contrarrestar y minimizar los daños.

Es el en caso de los proyectos de carreteras donde la mitigación del impacto ambiental puede realizarse por medio de obras de infraestructura, barreras vivas y muertas u obras que surjan a partir de materiales del lugar. A partir de esto se realiza la recomendación de algunas medidas de mitigación a implementar:

- Al momento de realizar la remoción de especies vegetales, debe evitar perjudicarse y crear escasez en las mismas.
- No realizar quema de material vegetal, esta mala práctica genera daños en el suelo, fauna, flora y contaminación en el aire, suelo y agua.
- Tener una adecuada manipulación de los agregados pétreos, esto con el fin de no generar contaminación en los suelos, ni causar daños en la salud de los pobladores del área y trabajadores del proyecto.
- El material de corte del terreno deberá ser depositado adecuadamente en un área destinada o botadero que se ubique a 100 mts. Como mínimo de un cuerpo de agua. De ser contrario el caso, se recomienda la construcción de obras complementarias como pueden ser taludes y gaviones que contrarresten el efecto de descomposición de los elementos mediante la protección a través de especies vegetales.

- Tomar en cuenta la construcción adecuada de drenajes transversales, esto debido a la limpieza adecuada del área en época de lluvias.
- Deberá ser colocada la tubería de drenaje transversal por medio de un diámetro adecuado, teniendo como mínimo intervalos a cada 3 km.
- Se recomienda realizar la colocación de aletones de mampostería en la entrada de la tubería, esto con el fin de detener cualquier material ajeno que se arrastre con el agua.
- Para la salida de la tubería es recomendable la colocación de disipadores que ayuden a la protección de la tubería.
- Controlar y mejorar el proceso de erosión del suelo, mediante la conservación de la capa vegetal, o en su defecto, cuando ha sido retirada o tenga poca existencia en el entorno del proyecto, se deberán integrar nuevas plantas para mejorar este suceso.
- Considerar la integración de espacios disponibles para parqueo que puedan ser utilizados para la reparación de vehículos durante el tránsito en el sitio o bien, el descanso de los conductores.
- Proporcionar adecuadamente el corte de taludes de acuerdo con su altura. En caso de suelos inestables o exista incongruencia en el ángulo de corte de los taludes indicados, se podrá mejorar estos sitios por medio de la colocación de plantas y terrazas vegetales y la aplicación de cemento inyectado.

2.2. Diseño del sistema drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz

En esta segunda parte del capítulo 2, se describe el diseño del sistema drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

2.2.1. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño del drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, del municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz. Dicha necesidad se identificó investigando la problemática que viven los pobladores a raíz de la falta de este servicio. La red por diseñar presenta una longitud aproximada de 1 500 metros, para los cuales se diseñaron 27 pozos de visita, los cuales se construirán de acuerdo con las especificaciones indicadas. La tubería para utilizar será PVC y tendrá un diámetro de 6". Las pendientes de la tubería se tomaron de acuerdo con las pendientes del terreno, evitando rebasar las velocidades y caudales permitidos.

2.2.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico está compuesto por el levantamiento planimétrico y altimétrico.

2.2.2.1. Planimetría

Sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y en general ubicar todos aquellos puntos de importancia. Para este levantamiento

se utilizó el método de conservación de azimut, por tener la ventaja de que permite conocer el error de cierre.

Para este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito digital sokkia LDT50
- Un estadal
- Cinta métrica de 100 metros
- Dos plomadas
- Trompos de madera

2.2.2.2. Altimetría

El presente estudio requirió de un levantamiento topográfico del perfil del terreno, para determinar las diferentes elevaciones y pendientes del mismo. Con los datos del levantamiento topográfico se calculan y trazan las curvas de nivel. El levantamiento que se realizó, fue de primer orden, por tratarse de un proyecto de drenajes, en el que la precisión de los datos es muy importante.

Para la nivelación se utilizó el siguiente equipo:

- Nivel óptico automático No. 10 Geo Fennel
- Un estadal
- Cinta métrica de 100 metros
- Trompos de madera

El levantamiento deber ser preciso, y la nivelación debe ser realizada sobre el eje de las calles. Se tomaron elevaciones en las siguientes circunstancias:

- En todos los cruces de las calles.
- En todos los puntos que haya cambio de dirección.
- En todos los puntos en que haya cambios de pendiente del terreno.
- En todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.
- A distancias no mayores de 20 metros.
- De las alturas máximas y mínimas del cuerpo receptor en el que se proyecta efectuar la descarga.

2.2.3. Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con eficiencia. Se puede proyectar para que funciones en un periodo de 20 a 40 años, a partir de la fecha que es creado y tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinar por normas del INFOM.

El periodo de diseño para el proyecto en estudio será de 30 años, basado en el tiempo mínimo recomendado por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

2.2.4. Población tributaría

Se le denomina población tributaria al número de habitantes que utilizaran el sistema a lo largo de un tramo definido al inicio y al final por un pozo de visita, y con esto se determina la cantidad de viviendas en el tramo y se multiplica por la densidad de población, este resultado será utilizado para calcular la población futura por medio de incremento geométrico.

2.2.4.1. Población actual

Este dato es tomado desde los últimos datos estadísticos llevados a cabo en sector de estudio, validándolos por medio de la información obtendría en los censos poblacionales más recientes.

2.2.4.2. Población futura

El estudio de la población se efectúa con el objetivo de estimar la población futura, para lo cual es necesario determinar el periodo de diseño y analizar los censos existentes.

2.2.5. Determinación de caudales

A continuación, se presentan los diferentes tipos de caudales que se deben calcular para el diseño del alcantarillado sanitario.

2.2.5.1. Dotación de agua potable

La dotación está íntimamente relacionada con la demanda de una población específica para satisfacer las necesidades primarias. La dotación es la cantidad asignada en un día a cada usuario; se expresa en litros por habitante por día (L/h/día).

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidades de drenaje, calidad de agua, mediación, administración del sistema y presión del mismo.

La dotación para el barrio Esquipulas, es de 130 litros/h/día, según los datos de la Dirección Municipal de Planificación, de San Cristóbal Verapaz.

2.2.5.2. Factor de retorno

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua de la población. En ningún caso retorna el cien por ciento al alcantarillado, debido a que hay actividades donde el agua se infiltra al suelo o se evapora. El factor de retorno será del 75 %.

2.2.5.3. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada para actividades como limpieza de alimentos, aseo personal, entre otros. Este caudal se relaciona directamente con la dotación de agua potable y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{Dom} = \frac{\text{Dotación} * \text{No. habitantes} * \text{Factor de retorno}}{86\ 400} = \frac{L}{s}$$

Para el diseño del tramo PV1 al PV2, se procedió a sustituir en la ecuación de la siguiente manera:

$$Q_{dom \text{ actual}} = (6 \text{ habitantes} \times 130 \text{ l/hab/día} \times 0,75) / (86\ 400 \text{ s/día}) = 0,006771 \text{ l/s}$$

$$Q_{dom \text{ futuro}} = (12 \text{ habitantes} \times 130 \text{ l/hab/día} \times 0.75) / (86\ 400 \text{ s/día}) = 0,01354 \text{ l/s}$$

2.2.5.4. Caudal comercial

Es el agua que ha sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, entre otros. En el lugar solo existe un comercio, por lo que se analizó de la siguiente forma:

$$Q_{com} = (3\ 150\ \text{l/com/día} \times 1\ \text{comercial}) / (86\ 400\ \text{l/com/día}) = 0,036458\ \text{l/s}$$

2.2.5.5. Caudal industrial

Es el agua que proviene de todas las industrias existentes en el lugar, como procesadores de alimentos, fábrica de textiles, licoreras, entre otros. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede calcular, dependiendo del tipo de industria, entre 1 000 y 18 000 l/h/d. Dado a que el sector carece de ellos, no se contempla caudal industrial alguno.

2.2.5.6. Caudal de conexiones ilícitas

Este es el caudal producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario.

Para efecto de diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de la localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar entre 0,5 % a 2,5 %.

Debido a la poca información con la que cuenta la región se optó por utilizar el 10 % del caudal domiciliar, como lo especifica la norma del INFOM.

$$Q_{ilicito} = 10\ \% \times Q_{dom} = L/s$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$Q_{\text{ilicito actual}} = 0,0068 \text{ l/s} \times 0,1 = 0,000677 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{ilicito futuro}} = 0,0135 \text{ l/s} \times 0,1 = 0,001354 \text{ l/s}$$

2.2.5.7. Caudal de infiltraciones

Debido a que con el paso del tiempo las tuberías sufren deterioro y sumado a ello pueden existir muchas variantes que permitan la filtración de aguas en los drenajes, se considera calcular un caudal con base a la longitud y al diámetro de la tubería propuesta, tal como se muestra a continuación:

$$Q_{\text{inf actual}} = 0,01 \times ((43,5 / 1\ 000 \text{ m}) + ((1 \times 6 \text{ m}) / 1\ 000 \text{ m})) \times 5,909 = 0,002923 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{inf futuro}} = 0,01 \times ((43,5 / 1\ 000 \text{ m}) + ((2 \times 6 \text{ m}) / 1\ 000 \text{ m})) \times 5,909 = 0,003277 \text{ l/s}$$

2.2.5.8. Caudal sanitario

Este caudal es la suma de todos los caudales provenientes de las industrias, comercios, viviendas, conexiones ilícitas e infiltración. Se descarta aquel caudal que no contribuya al sistema.

$$Q_m = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{industrial}} + Q_{\text{infiltraciones}} + Q_{\text{ilicitas}}$$

Sustituyendo en la anterior ecuación:

$$Q_m = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ci}} + Q_i + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}}$$

Qm actual = 0,0468 l/s

Qm futuro = 0,0546 l/s

2.2.5.9. Factor de caudal medio

Se obtiene de la relación entre el caudal medio y el número de habitantes futuros incluidos en el sistema. Este factor debe estar en el rango de 0,002 a 0,005 según INFOM, de lo contrario, debe aproximarse al más cercano.

$$F_{qm} = \frac{Q_{medio}}{No. Habitantes}$$

FQM actual = 0,0468 l/s / 6 hab = 0,0078 > 0,005

FQM actual a usar = 0,0050

FQM futuro = 0,0546 l/s / 12 hab = 0,0046 > 0,002

FQM futuro a usar = 0,0046

2.2.5.10. Factor de Harmond

Es el que representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente. Este factor actúa principalmente en las horas pico; es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje. Es adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{No. de habitantes}}{4 + \sqrt{No. de habitantes}}$$

Sustituyendo en la ecuación:

FH actual = $(18 + \sqrt{(6/1\ 000)}) / (4 + \sqrt{(6/1\ 000)}) = 4,433510$

FH futuro = $(18 + \sqrt{(12/1\ 000)}) / (4 + \sqrt{(12/1\ 000)}) = 4,406704$

2.2.5.11. Caudal de diseño

La estimación del caudal de diseño debe realizarse para cada tramo del sistema. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$Q_{Dis} = No.Habitantes * FH * F_{qm}$$

Donde:

Q_{Dis} : Caudal de Diseño (Litros / Segundo)

$No.Hab$: Numero de Habitantes Futuros por tramo

FH : Factor de Harmond

F_{qm} : Factor de Caudal Medio (Litros / Segundo / Habitante

Sustituyendo:

$Q_{dis} \text{ actual} = 6 \text{ hab} \times 0,005 \text{ lt / hab / s} \times 4,4335 = 0,133005 \text{ l/s}$

$Q_{dis} \text{ futuro} = 12 \text{ hab} \times 0,0045 \text{ lt / hab / s} \times 4,4067 = 0,240744 \text{ l/s}$

2.2.6. Diseño de la red

Se emplearán las especificaciones técnicas para tubería de PVC, utilizando diversas fórmulas, que se desarrollarán oportunamente con el siguiente ejemplo, tomando al azar un tramo del sistema de alcantarillado sanitario.

El diámetro mínimo que se va a utilizar para el proyecto es de 6 pulgadas para el colector principal por ser PVC, según la norma ASTM 3034, sin embargo, debido a los requerimientos de las autoridades municipales, se tomarán como mínimo 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias; para la candela domiciliar, se empleará un tubo de concreto de un diámetro de 12 pulgadas.

2.2.6.1. Parámetros de diseño

Tipo de sistema: Drenaje sanitario
Tiempo de vida del sistema: 32 años
Población actual: 1 242 habitantes
Población de diseño: 2 455 habitantes
Tasa de crecimiento: 2,14 %
Diámetro de la tubería: Mínimo tubería P.V.C. 6”
Conexión domiciliar: Pendiente mínima: 2 %
Pendiente máxima: 6 %
Tubería P.V.C. 4”
Dotación de agua: 150 litros/habitante/día
Factor de retorno de aguas negras: 0,75
Cota invert mínimo: 1,42 metros
Relación de velocidad: $0,40 \frac{m}{s} \leq v \leq \frac{6m}{s}$
Material a utilizar: Tubería PVC norma ASTM
Coeficiente de rugosidad: 0,030
Longitud del alcantarillado: 1 580,19
Longitud de tubería domiciliar:
Densidad de vivienda: 6 habitantes/casa

2.2.6.2. Diseño de secciones y pendientes de tuberías

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

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

Donde:

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

D = diámetro de la sección circular (pulg)

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

n = coeficiente de rugosidad de Manning

2.2.6.3. Relaciones hidráulicas

Al calcular las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, para agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la parcialmente llena. A partir de estas relaciones se diseña cada uno de los tramos.

Relación q/Q: determina qué porcentaje del caudal pasa con respecto al máximo posible, q diseño < Q sección llena.

Relación v/V: relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la del flujo a sección llena. Para encontrar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q. Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.

Relación d/D: relación entre el tirante del flujo dentro de la tubería y el diámetro de la tubería. Se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q. La relación d/D debe estar comprendida dentro de los siguientes valores 0,10 y 0,75.

2.2.6.4. Velocidad de diseño

El Instituto de Fomento Municipal brinda las normas generales para el diseño de alcantarillados. En estas se establecen los rangos de velocidades permisibles. La velocidad mínima o de arrastre es aquella que evita que los sólidos del flujo se sedimenten en el sistema y es de 0,4 m/s para el tipo de tubería que se eligió para el proyecto. La velocidad máxima del flujo dentro de la tubería evita que el material se erosione, con un valor de 3 m/s.

2.2.6.5. Profundidad de tuberías

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.

2.2.6.6. Cotas Invert

La cota invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel interior de la tubería. Se debe verificar que sea al menos igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Se calcula con base en la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro.

Para determinar la diferencia requerida entre la cota invert de entrada y la de salida, en un mismo pozo, deben considerarse los siguientes criterios:

- Cuando el diámetro del tubo de entrada es igual al diámetro del de salida, la diferencia será igual a 0,03 metros.
- Cuando el diámetro del tubo de entrada es diferente al diámetro del de salida, la diferencia será 0,03 metros o en la diferencia de diámetros, el valor que sea mayor.
- El diámetro de la tubería que sale del pozo de visita nunca debe ser menor al diámetro de la tubería o tuberías que entran al pozo de visita.

Las cotas invert para cada uno de los tramos se pueden calcular a partir de las siguientes ecuaciones:

$$C_{tf} = C_{ti} - (DH * S\%)$$

$$S\% = \frac{(C_{ti} - C_{tf}) * 100}{DH}$$

$$CIS = CII - (H_{min} + E_{tub})$$

$$CIE = CIS - (DH * S\%)$$

$$H_{pozo} = C_{ti} - CIS$$

Donde:

Crf = cota de terreno final

Cti = cota de terreno inicial

DH = Distancia horizontal

S% = Pendiente del terreno

CIS = cota invert de la tubería de salida

CII = cota invert inicial

CIE = cota invert de la tubería de entrada

E tubo = espesor de tubería

H min = altura mínima que depende del tráfico que circule por las calles

2.2.6.7. Ejemplo de diseño de un tramo

Para la realización del tramo del pozo de visita No. 2 al pozo de visita No. 3 se utilizarán los siguientes datos:

- TRAMO PV2 – PV3:
 - Distancia (de borde a borde) 28,44 m
 - Número de casas en el tramo 8
 - Número de casas acumuladas (actualmente) 9
 - Número de casas acumuladas (futuro) 18
 - Densidad de vivienda 6 hab/vivienda
 - Total de habitantes a servir (Actualmente) 48
 - Total de habitantes a servir (acumulado) 54
 - Total de habitantes a servir (Futuro) 96
 - Total de habitantes acumuladas (futuro) 108
 - Cota del terreno inicial (PV) 1 004,31 m
 - Cota del terreno final (PV) 1 004,96 m
 - Diámetro de la tubería (interno) 5,909 pulg
 - n 0,01
 - H pozo inicial (aguas arriba) 1,40
 - Distancia entre pozos de visita 29,64 m
 - Factor de retorno 0,75
 - Velocidad de diseño $0,60 < v < 2,50$ m/s
 - Tipo de tubería ASTM F-949

- Cálculo de caudales:

- Caudal domiciliario:

$$Q_{dom} = \frac{54 \times 130 \times 0,75}{86\,400} = 0,060938 \text{ l/s}$$

$$Q_{futuro} = \frac{108 \times 130 \times 0,75}{86\,400} = 0,121875 \text{ l/s}$$

- Caudal comercial:

En este tramo no existente área comercial, por lo que no se consideró en el diseño.

- Caudal conexiones ilícitas:

$$Q_{ilicito\ act} = 10\% \times 0,060938 = 0,006094 \text{ l/s}$$

$$Q_{ilicito\ fut} = 10\% \times 0,121875 = 0,01219 \text{ l/s}$$

- Caudal por infiltración:

$$Q_{infiltración\ actual} = 1\% \times \frac{28,44}{1\,000} \times \frac{9 \times 6}{1\,000} \times 5,909 = 0,004871 \text{ l/s}$$

$$Q_{infiltración\ futuro} = 1\% \times \frac{28,44}{1\,000} \times \frac{18 \times 6}{1\,000} \times 5,909 = 0,008062 \text{ l/s}$$

- Caudal medio:

$$Q_{medio\ actual} = 0,060938 + 0,006094 + 0,004871 = 0,071903 \text{ l/s}$$

$$Q_{medio\ futuro} = 0,121875 + 0,01219 + 0,008062 = 0,142125 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio:

$$F_{qm \text{ actual}} = \frac{0,071903}{54} = 0,001332$$

$$F_{qm \text{ futuro}} = \frac{0,142125}{108} = 0,001316$$

Como ambos factores son menores a 0,0020. Se utilizará 0,0020.

- Factor de Harmond

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{54}}{4 + \sqrt{54}} = 4,307832$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{108}}{4 + \sqrt{108}} = 4,234277$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño actual}} = 54 \times 0,0020 \times 4,307832 = 0,465246 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{diseño futuro}} = 108 \times 0,0020 \times 4,234277 = 0,914604 \text{ l/s}$$

- Cálculo de pendientes:

$$\% \text{ Pendiente} = \frac{1\ 004,31 - 1\ 004,96}{29,64} \times 100 = -2,19 \%$$

Se asume un valor de pendiente de la tubería. En este caso se asumió el inverso de la pendiente del terreno = 2,20 %.

- Cálculo de velocidad a sección llena:

$$V = \frac{0,003429 \times (5,909)^{2/3} \times 2,20/100^{1/2}}{0,01} = 1,662346 \text{ m/s}$$

- Cálculo de caudal a sección llena:

$$Q_{sección\ llena} = \pi \times (5,909 \times \frac{2,54}{200})^2 \times 1,662346 \times 1\ 000 = 29,4108 \text{ l/s}$$

- Relación de caudales:

$$\frac{Q_{diseño\ actual}}{Q_{sección\ llena}} = \frac{0,465246}{29,4108} = 0,015819$$

$$\frac{Q_{diseño\ futuro}}{Q_{sección\ llena}} = \frac{0,914604}{29,4108} = 0,031098$$

- Relación de velocidad:

$$\frac{V}{V_{actual}} = 0,3750$$

$$\frac{V}{V_{futuro}} = 0,4560$$

- Relación de tirante:

$$\frac{d}{D} actual = 0,0900$$

$$\frac{d}{D} futuro = 0,1225$$

- Valores obtenidos de tabla.
 - Velocidad a sección parcial:

$$V_{actual} = 0,3750 \times 1,662346 = 0,6233 \text{ m/s}$$

$$V_{futuro} = 0,4560 \times 1,662346 = 0,7580 \text{ m/s}$$

Se observa que en ambos escenarios la velocidad cumple de acuerdo con lo establecido.

2.2.7. Obras accesorias

Las estructuras complementarias que se construyeron en las redes de saneamiento repercuten en su funcionamiento. Para limpiar e inspeccionar las alcantarillas, se las provee de pozos de visita.

Para que el flujo de aguas residuales caiga verticalmente de una a otra cota con una mínima perturbación, se utilizan pozos de registro con caída incorporada.

2.2.7.1. Pozos de visita

Se diseñarán pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetros.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24".
- En las intersecciones de 2 o más tuberías.
- En los extremos superiores de ramales iniciales.

- A distancias no mayores de 120 metros en línea recta en diámetro hasta de 24"
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24"

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y la que sale de un pozo de visita será como mínimo de 0,3 metros.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert, será como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.

Siempre que la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale de un pozo de visita sea mayor de 0,70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encause el caudal con un mínimo de turbulencia.

2.2.7.2. Conexiones domiciliarias

Las conexiones de las casas, edificios también denominadas acometidas domiciliarias, son tuberías de pequeños diámetros que van desde aquellos a la alcantarilla pública de la calle; regular mente se dejan previstos al hacer la alcantarilla y su conexión se realiza por fontaneros.

Están formados por una caja de registro con uno o varios tubos de 16 pulgadas de diámetro, instalados en forma vertical y de un tramo de tubería de 6 pulgadas de diámetro que comunica el registro con la tubería central.

2.2.7.3. Propuesta de tratamiento

La finalidad del tratamiento de las aguas servidas, es lograr separar la cantidad de sólidos existentes en ellas, para que, en la descarga en las aguas

receptoras, no interfiera en el proceso de un tratamiento adecuado. Eficientemente este debe contar con un 85 % en BDO₅ y DQO, según el Acuerdo Ministerial No. 236-2006, denominado Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.

Para alcanzar el manejo adecuado de las aguas servidas, es necesario tener en cuenta la disponibilidad del espacio para cualquier tipo de instalación, la topografía del terreno, costo de construcción y mantenimiento de la metodología a implementar y la población a beneficiar.

La solución para el tratamiento de estas aguas, se propone por medio de una planta de tratamiento de aguas residuales.

2.2.7.4. Punto de descarga final

La descarga de los desechos a través de un sistema de alcantarillado, es un medio conductor de contaminantes por medio de las aguas filtradas. El agua que se transporta en el alcantarillado sanitario tiene el papel de medio conductor de desechos, donde pueden encontrarse aguas jabonosas, residuos domésticos, químicos, deyecciones humanas y agua de lluvia.

Como parte de la finalización y proceso de las aguas, se sugiere implementar una Planta de tratamiento de aguas residuales. Debido a la capacidad y brindar una mejor respuesta a la población y evitar la contaminación, ya que se cuenta con los factores necesarios para implementarla.

La planta de tratamiento de aguas residuales no ha sido desarrollada dentro de esta tesis, debido a la extensión y la magnitud de esta obra, por lo cual se sugiere sea un punto de tema de trabajo de graduación o bien un trabajo adicional que se desarrolle con las entidades involucradas en el proyecto.

Un adecuado sistema de recolección y tratamiento de las aguas desechadas, mitiga la contaminación del suelo y de las fuentes de agua cercanas, reduciendo la huella ecológica en el sector. Es por ello que se propone un sistema primario de tratamiento en defecto de la implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales, dando paso al diseño de una fosa séptica que sea apta para cubrir la capacidad del desfogue producido en el alcantarillado.

2.2.7.5. Diseño de fosa séptica

La función principal de una fosa séptica es poder conservar la capacidad de absorción del suelo, esto es logrado por medio de la eliminación de sólidos, extrayendo los residuos caseros que se encuentren en las aguas negras; el proceso biológico de descomposición, descomponiendo los elementos orgánicos en forma anaeróbica; y el almacenamiento de natas y lodos, que posteriormente requiere de un mantenimiento adecuado.

Las partículas que ingresan al proceso de tratamiento deben permanecer en un periodo de retención de 12 a 72 horas.

2.2.7.5.1. Predimensionamiento

Debido a que el proyecto posee un alto número de viviendas, se diseñara una sola fosa séptica la cual se replicara en diferentes tramos del drenaje sanitario, con el fin de prestar el servicio a todos los hogares con el tratamiento primario. La dotación por habitante será: 120 lt/hab/día.

El período en que la fosa retiene los líquidos para que las partículas permanezcan en un proceso de tratamiento, debe estar en un rango de 12 a 72 horas.

Las fosas sépticas deben ser rectangulares con proporción de largo-ancho de 2:1 hasta 4:1. Y una profundidad mínima de 1.5 m, sin tomar en cuenta los espesores de las paredes y piso. Es recomendable que las fosas sépticas se diseñen para prestar el servicio a un número máximo de 60 viviendas.

Para el piso de la fosa es necesario dejar una pendiente, la cual para este diseño será del 2 % con el objetivo de acumular los lodos en el fondo. La profundidad obtenida en el volumen de la fosa corresponderá al 80 % de la altura libre de la estructura. Esto debido a que al menos un 20 % de la altura debe quedar libre para la acumulación de espuma.

Para determinar las dimensiones adecuadas de las fosas sépticas, se tomarán en cuenta los siguientes datos:

- Período de retención = 48 horas
- Relación largo-ancho = 3:1
- Cantidad de casas para fosa = 60 viviendas
- Habitantes por vivienda = 6 hab/viv
- Lodo acumulado por habitante = 55 lt/hab/año
- Período de limpieza = 5 años

Para determinar el volumen efectivo de la fosa séptica debe tomarse en cuenta que es el resultado de la suma del volumen de líquidos y el de lodos.

- Volumen de líquidos:

$$V_{líquidos} = \# \text{ viviendas} \times \frac{\text{hab}}{\text{viv}} \times \text{dot} \times F_R \times T$$

Donde:

$V_{líquidos}$ = Volumen de líquidos

viviendas = Cantidad de viviendas abarcadas = 60 viv

$\frac{hab}{viv}$ = Cantidad de habitantes por vivienda = 6 hab/viv

dot = Dotación = 120 lt/hab/día

F_R = Factor de retorno = 0,80

T = Tiempo de retención = 48 horas

$$V_{líquidos} = 60 \text{ viv} \times 6 \frac{hab}{viv} \times 120 \frac{lt}{hab \times día} \times 0,80 \times (48 \text{ horas} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}})$$

$$V_{líquidos} = 69 \ 120 \text{ lt} \times \frac{1m^3}{1 \ 000 \text{ lt}}$$

$$V_{líquidos} = 69,12 \text{ m}^3$$

- Volumen de lodos

$$V_{lodos} = \# \text{ viviendas} \times \frac{hab}{viv} \times F_{lodos} \times T_{limpieza}$$

Donde:

$V_{líquidos}$ = Volumen de lodos

viviendas = Cantidad de viviendas abarcadas = 60 viv

$\frac{hab}{viv}$ = Cantidad de habitantes por vivienda = 6 hab/viv

F_{lodos} = Factor de lodos = 50 lt/hab/año

$T_{limpieza}$ = Período de limpieza = 5 años

El factor de lodos representa el lodo acumulado por habitante en un cierto período de limpieza. El rango permisible es de 30 a 80 lt/hab/año. El volumen de

lodos es un valor adicional para la acumulación de nata y lodos con el fin de evitar que estos salgan con el efluente.

$$V_{lodos} = 60 \text{ viv} \times 6 \frac{\text{hab}}{\text{viv}} \times 50 \frac{\text{lt}}{\text{hab} \times \text{año}} \times 5 \text{ años}$$

$$V_{lodos} = 90\,000 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ lt}}$$

$$V_{lodos} = 90 \text{ m}^3$$

- Volumen de fosa séptica:

$$V_f = V_{líquidos} + V_{lodos}$$

$$V_f = 69,12 \text{ m}^3 + 90 \text{ m}^3$$

$$V_f = 159,12 \text{ m}^3$$

Para determinar las dimensiones de la fosa séptica se tendrá en cuenta la siguiente ecuación:

$$V_f = A_f \times L_f \times H'$$

Donde:

$$V_f = \text{Volumen de líquidos de fosa séptica} = 159,12 \text{ m}^3$$

$$A_f = \text{Ancho de fosa séptica} = A_f$$

$$L_f = \text{Largo de fosa séptica (relación de 3 veces el ancho)} = 3A_f$$

$$H' = \text{Altura útil de fosa séptica*} = H + \%P \times$$

L_f

Para la altura útil se tomará en cuenta la suma de la altura de lodos y líquidos, más la altura adicional que tendrá el piso de la estructura por la

pendiente. Por lo que asumiendo un valor de $H = 2,5 \text{ m}$ y $L_f = 3A$, puede sustituirse por $H' = 2,5 \text{ m} + 2 \% \times (3A)$

- Sustituyendo en la ecuación:

$$\begin{aligned}V_f &= A_f \times 3A_f \times (2,5 \text{ m} + 2\% \times 3A_f) \\159,12 \text{ m}^3 &= A_f \times 3A_f \times (2,5 \text{ m} + 2\% \times 3A_f) \\159,12 \text{ m}^3 &= 7,5 \times A_f^2 + 0,18 \times A_f^3\end{aligned}$$

Resolviendo la ecuación de tercer grado se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}A_{f1} &= 4,38 \text{ m} \cong 4,50 \text{ m} \rightarrow \text{Sí cumple} \\A_{f2} &= -41,14 \rightarrow \text{No cumple} \\A_{f3} &= -4,90 \rightarrow \text{No cumple}\end{aligned}$$

Considerando que la profundidad asumida es el 80 % de la altura de la estructura, se calcula lo siguiente:

$$\begin{aligned}H_{fosa} &= \frac{H'}{0,80} \\H_{fosa} &= \frac{2,5 \text{ m}}{0,80} \\H_{fosa} &= 3,12 \text{ m} \cong 3,20 \text{ m}\end{aligned}$$

Dimensiones de fosa séptica:

$$A = 4,50 \text{ m}$$

$$L = 13,5 \text{ m}$$

$$H = 3,20 \text{ m}$$

2.2.7.5.2. Funcionamiento y mantenimiento

Para dar paso al adecuado mantenimiento de una fosa séptica, deberá tenerse el cuidado adecuado al momento de quitar la tapa de registro. En el interior de la fosa se encuentran acumulados gases que pueden ser dañinos para la salud, siendo recomendable dejar ventilar el espacio y no inhalar estas sustancias.

Deberá inspeccionarse la entrada y paredes para evitar la cercanía a natas acumuladas.

Para la limpieza se necesita del uso de un equipo con bomba de succión y camión cisterna, introduciendo la manguera hasta donde se encuentren las natas para retirarlas hacia el camión.

Debe dejarse un residuo pequeño, formando una capa de aproximadamente 5cm, para que se produzca la inoculación de bacterias en la fosa.

Los desechos retirados deben llevarse a un sitio retirado del área habitada, y ser colocados en zanjas de aproximadamente 60cm de profundidad.

2.2.8. Elaboración de planos

Los planos muestran, los parámetros importantes para la toma de decisiones con respecto a la ejecución del proyecto. En los planos muestra la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos. Se realizaron utilizando el *software* AutoCAD Civil 3D 2017.

2.2.9. Presupuesto y cronograma de ejecución

La integración del presupuesto fue realizada con base en renglones de trabajo, los cuales incluyen el desglose en precios unitarios. El precio unitario está compuesto por material y herramienta, equipo y maquinaria, mano de obra directa e indirecta y un factor de indirectos del 35 % que incluye gastos administrativos, finanzas, supervisión y utilidad.

El cronograma de ejecución muestra el desarrollo consecutivo de los renglones de trabajo que forman el presupuesto del proyecto.

Tabla XX. **Presupuesto de drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz**

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Topografía	1,00	global	Q 9 000,00	Q 9 000,00
Excavación de zanja	4 476,45	m3	Q 39,10	Q 175 045,81
Relleno de zanja	3 952,34	m3	Q 57,18	Q 225 988,21
Retiro de material sobrante	602,89	m3	Q 39,86	Q 24 032,31
Suministro e instalación de tubería pvc Ø4" Nivelación, colocación de tubería y accesorios	828,00	ml	Q 176,52	Q 146 157,51
Suministro e instalación de tubería pvc Ø6" Nivelación, colocación de tubería y accesorios	1 545,16	ml	Q 284,74	Q 439 968,86
Pozos de visita Ø1,20 m; h = 1,40 m a h = 1,55 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)	10,00	u	Q 8 316,52	Q 83 165,20
Pozos de visita Ø1,20 m; h = 1,91 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)	1,00	u	Q 9 952,48	Q 9 952,48
Pozos de visita Ø1,20 m; h = 2,90 m a h = 3,28 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)	2,00	u	Q 12 826,02	Q 25 652,04
Pozos de visita Ø1,20 m; h = 3,86 m a h = 4,32 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)	10,00	u	Q 14 263,88	Q 142 638,80
Pozos de visita Ø1,20 m; h = 5,13 m a h = 5,66 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)	6,00	u	Q 17 651,56	Q 105 909,36
Candela TC $\phi=12"$ (Colocación de candela, tapadera, fundición de base y brocal)	207,00	u	Q 374,21	Q 77 460,79
Construcción de fosa séptica A = 4,50 m; L = 13,5 m y H = 3,20 m	7,00	u	Q 186 243,26	Q 1 303 702,82
TOTAL				Q 2 768 674,19

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXI. **Cronograma de ejecución físico para drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz**

NO.	DESCRIPCIÓN	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
		SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Topografía	■				■				■				■				■			
2	Excavación de zanja	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
3	Relleno de zanja		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Retiro de material sobrante			■			■				■					■				■	
5	Suministro e instalación de tubería pvc Ø4". Nivelación, colocación de tubería y accesorios		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
6	Suministro e instalación de tubería pvc Ø6". Nivelación, colocación de tubería y accesorios		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
7	Pozos de visita Ø1,20 m; h = 1,40 m a h = 1,55 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)					■	■	■	■							■	■				
8	Pozos de visita Ø1,20 m; h = 1,91 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)											■	■								
9	Pozos de visita Ø1,20 m; h = 2,90 m a h = 3,28 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)									■	■	■	■								
10	Pozos de visita Ø1,20 m; h = 3,86 m a h = 4,32 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
11	Pozos de visita Ø1,20 m; h = 5,13 m a h = 5,66 m (Construcción del pozo, nivelación, tallado y fundición de media caña)													■	■	■	■	■	■	■	■
12	Candela TC φ=12" (Colocación de candela, tapadera, fundición de base y brocal)						■	■	■	■	■	■	■								
13	Construcción de fosa séptica A = 4,50 m; L = 13,5 m y H = 3,20 m											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. El trabajo de investigación realizado previamente para apoyar a la municipalidad de San Cristóbal Verapaz, fue la base fundamental para determinar los proyectos con mayor relevancia por atender ante la situación actual de las distintas comunidades del municipio, por lo que fue seleccionado el desarrollo de proyectos que beneficien la calidad de vida, salud y economía de los pobladores.
2. La implementación de una nueva carretera para la mejora actual de comunicación terrestre entre la aldea Las Pacayas con la cabecera municipal, beneficiará a muchas familias, principalmente a quienes deben viajar constantemente para la comercialización de productos, educación y a quienes lo hacen por motivos de salud.
3. La salud es uno de los índices de calidad de vida que se encuentra en condiciones poco favorables, uno de los aportes para la mejora de la salud en las familias que ocupan el territorio del barrio Esquipulas, será la implementación de un drenaje sanitario que cubra con su vida útil, la capacidad para el crecimiento poblacional.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) brinda el soporte necesario para el desarrollo de proyectos que mejoren las condiciones actuales en una comunidad, por ello y a través de la solicitud de la Municipalidad de San Cristóbal Verapaz, se lleva a cabo el desarrollo de proyectos que, mediante su ejecución, beneficiarán a distintos pobladores durante por lo menos 30 años.

RECOMENDACIONES

1. Priorizar la salud, bienestar y apoyo por parte de la Municipalidad de San Cristóbal Verapaz hacia las comunidades que necesitan mejorar su calidad de vida por medio de proyectos que se ejecuten a cabalidad desde su planificación hasta el mantenimiento que se deba aplicar conforme el paso de los años.
2. Llevar a cabo un mantenimiento adecuado para las vías de transporte terrestre que requieren atención, principalmente por las condiciones climáticas del sector y los efectos que las lluvias pueden ocasionarles.
3. Concientizar a la población a cerca del buen uso e instalación adecuada que se debe de tener para las conexiones domiciliarias de las viviendas al momento de finalizarse los trabajos de construcción del alcantarillado sanitario.
4. Contribuir a la mejora de las comunidades mediante el aporte que los epesistas brindan durante su labor, y ejecutando los proyectos planificados con la mejor calidad de trabajo, materiales, supervisión y mantenimiento de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ MARROQUÍN, Ronal Alberto. *Planificación y diseño de la ampliación del sistema de drenaje, en el caserío Pacux, municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz y propuesta de un sistema de tratamiento*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 88 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
3. CALDERÓN ABREGO, Marvin Elí. *Diagnóstico socioeconómico, potenciales productivas y propuestas de inversión. Financiamiento de unidades artesanales (panadería) y proyecto: producción de aguacate has"*. Trabajo de graduación de Lic. Económicas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009, 174 p.
4. Cemento Sinka. *Tipos de cuencas, el drenaje en las carreteras*. [en línea]. <<http://www.cementosinka.com.pe/blog/tipos-de-cunetas-el-drenaje-en-las-carreteras/>>. [Consulta: 25 de mayo de 2019].
5. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de Desarrollo Municipal San Cristóbal Verapaz*,

Alta Verapaz 2011-2025. Guatemala: SEGEPLAN/DTP, 2010. 106 p.

6. DÍAZ HERNÁNDEZ, Astrid Gabriela. *Diseño de edificación de 2 niveles para alcaldía auxiliar y oficinas de COCODES y sistema de alcantarillado en caserío los planes, San José Chacayá, Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 88 p.
7. Diplomado de historia antigua del pueblo poq'omchi', San Cristóbal Verapaz. *El rojizo amanecer del puma Sucinta historia prehispánica de San Cristóbal Verapaz*. Guatemala: Cooperación Alemana, 2015. 48 p.
8. Dirección General de Caminos. *Proyectos de construcción y recuperación*. [en línea]. <<https://www.caminos.gob.gt/proyectos.html#Proyectos>>. [Consulta: 19 de mayo de 2019].
9. Escuela de Ingeniería Civil. *Manual de laboratorio del curso de Materiales de Construcción*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. 48 p.
10. MARTÍNEZ DE AZAGRA, Andrés y NAVARRO HEVIA, Joaquín. *Hidrología forestal. El ciclo hidrológico*. España: Universidad de Valladolid, 1996. 202 p.
11. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.

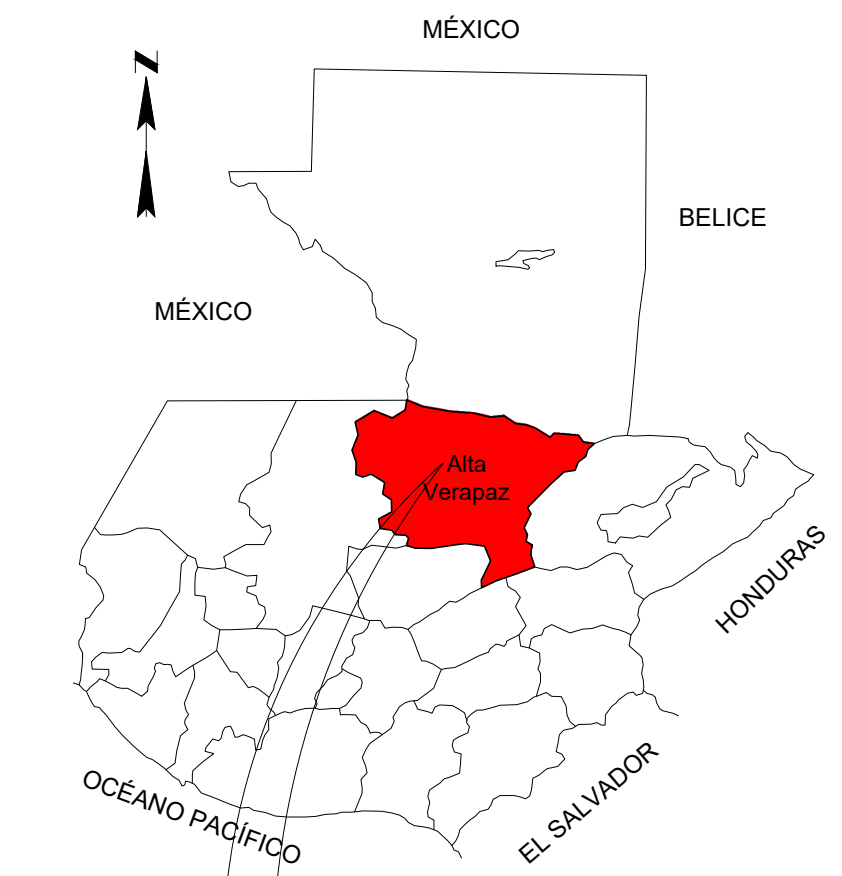
12. MURGA ROJAS, Elisa Raquel. *Diagnóstico socioeconómico, potenciales productivas y propuestas de inversión. Financiamiento de unidades artesanales (producción de pacaya) y proyecto: producción de lechuga*. Tesis de grado Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009, 157 p.
13. PASTOR CAAL, Herberth Estuardo. *Diseño de carretera hacia la comunidad Cerro Verde y puente vehicular para la comunidad Pampur La Provincia, del municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 123 p.
14. Recupera patzcuaro. *La cuenca*. [en línea]. <<http://recuperapatzcuaro.com/lacuenca.php#>>. [Consulta: 25 de mayo de 2019].
15. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Catálogo de secciones estructurales de pavimentos para las carreteras de la República Mexicana*. México: Dirección General de Servicios Técnicos, 2016. 41 p.
16. YLLESCAS PONCE, Alvaro Danilo. *Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (ca-1), hacia el caserío Nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 94 p.
17. ZAPETA REYNOSO, Edgar. *Diseño del alcantarillado sanitario, para la aldea el Chipotón y sistema de abastecimiento de agua potable*,

para la aldea San José Yalú, Municipio de Sumpango, Sacatepéquez. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 164 p.

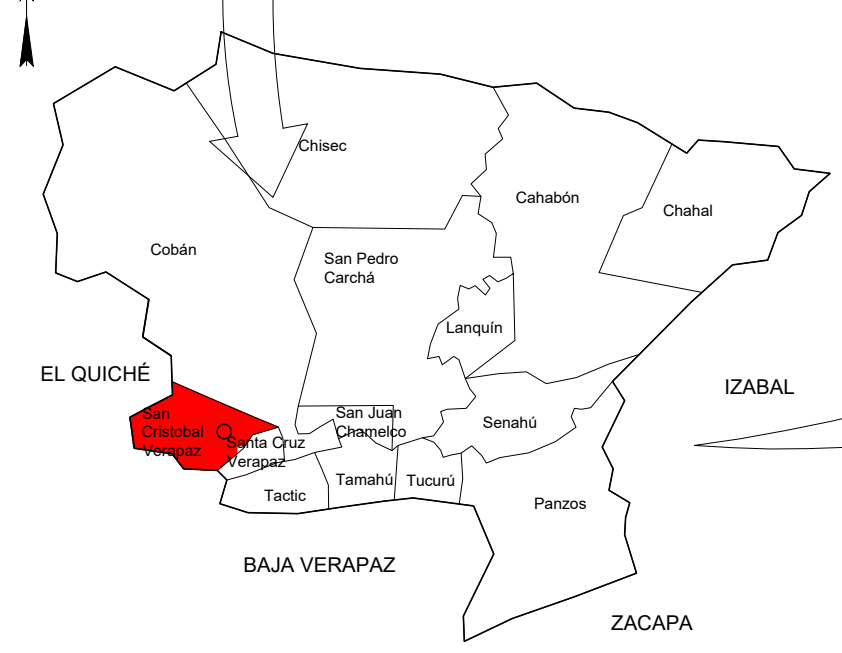
APÉNDICES

- Apéndice 1. **Planos constructivos de la carretera hacia la aldea Las Pacayas, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.





Mapa de Guatemala

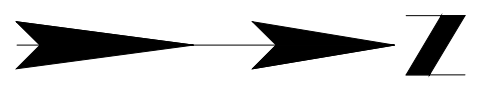
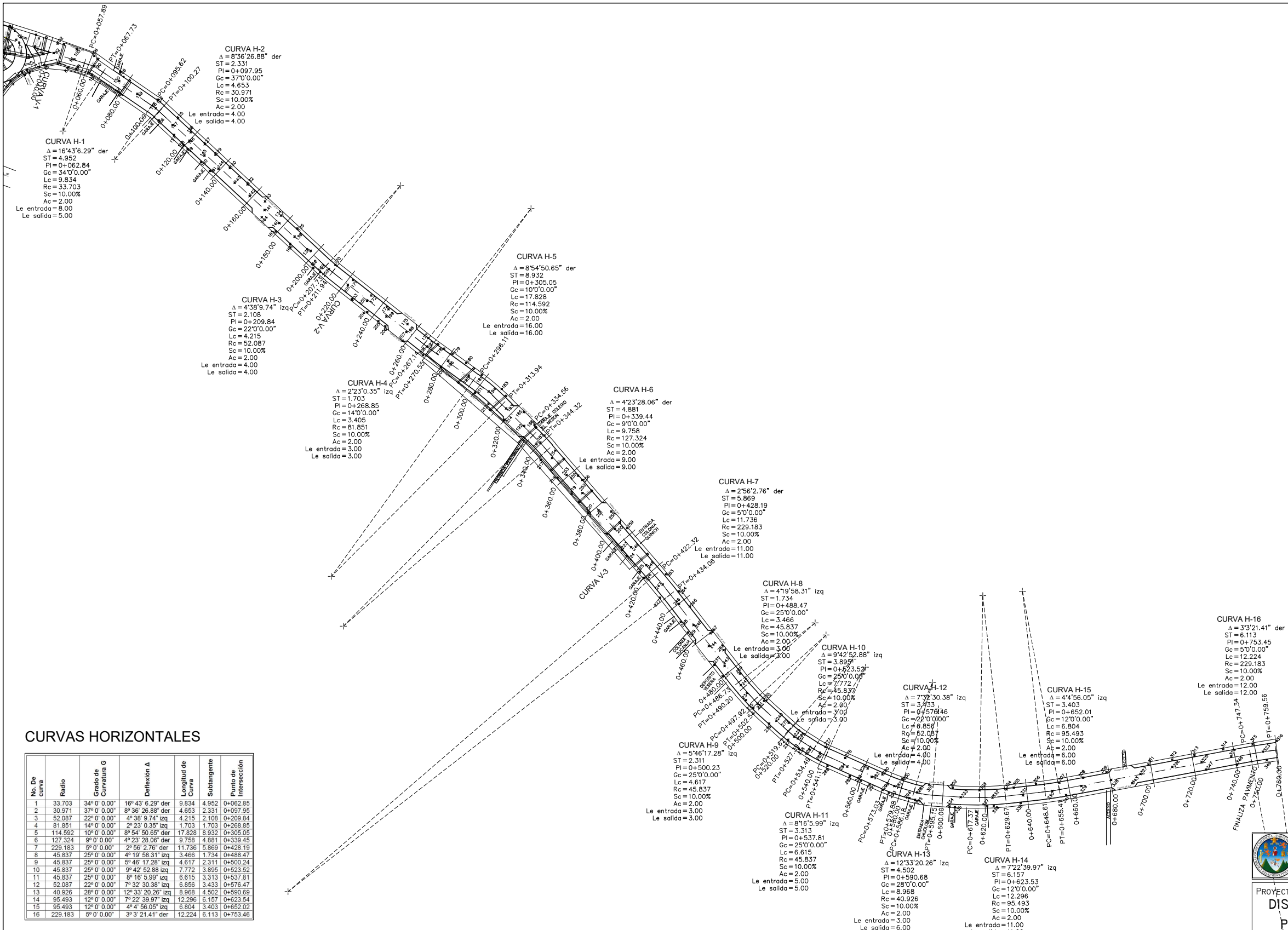


Mapa del departamento de Alta Verapaz, Guatemala



Croquis área urbana San Cristóbal Verapaz

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.		
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: PLANTA DE LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN	
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. DE.	
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	1 DE 21	



CURVAS HORIZONTALES

No. De curva	Radio	Grado de Curvatura G	Deflexión Δ	Longitud de Curva	Subtangente	Punto de Intersección
1	33.703	34° 0' 0.00"	16° 43' 6.29" der	9.834	4.952	0+062.85
2	30.971	37° 0' 0.00"	8° 36' 26.88" der	4.653	2.331	0+097.95
3	52.087	22° 0' 0.00"	4° 38' 9.74" izq	4.215	2.108	0+209.84
4	81.851	14° 0' 0.00"	2° 23' 0.35" izq	1.703	1.703	0+268.85
5	114.592	10° 0' 0.00"	8° 54' 50.65" der	17.828	8.932	0+305.05
6	127.324	9° 0' 0.00"	4° 23' 28.06" der	9.758	4.881	0+339.44
7	229.183	5° 0' 0.00"	2° 56' 2.76" der	11.736	5.869	0+428.19
8	45.837	25° 0' 0.00"	4° 19' 58.31" izq	3.466	1.734	0+488.47
9	45.837	25° 0' 0.00"	9° 42' 52.88" izq	4.617	2.311	0+500.23
10	45.837	25° 0' 0.00"	9° 42' 52.88" izq	7.772	3.895	0+523.52
11	45.837	25° 0' 0.00"	8° 16' 5.99" izq	6.615	3.313	0+537.81
12	52.087	22° 0' 0.00"	7° 32' 30.38" izq	6.856	3.433	0+576.47
13	40.526	28° 0' 0.00"	12° 33' 20.26" izq	8.968	4.502	0+590.68
14	95.493	12° 0' 0.00"	7° 22' 39.97" izq	12.296	6.157	0+623.53
15	95.493	12° 0' 0.00"	4° 4' 56.05" izq	6.804	3.403	0+652.01
16	229.183	5° 0' 0.00"	3° 3' 21.41" der	12.224	6.113	0+753.45

CURVAS VERTICALES

No. De curva	Est. PIV	Elevación	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia Δ	Tipo de curva	Longitud de curva (N)	Intervalo estaciones	Ordenada Máxima (OM)
1	0+040.000	1389.1340	4.301	8.082	-3.781%	Concava	20.00	20.00	-0.0009
2	0+220.000	1400.1979	2.391	-0.153	2.544%	Convexa	40.00	20.00	0.0012
3	0+400.000	1400.5187	3.513	6.748	-3.236%	Concava	20.00	20.00	-0.0008
4	0+980.000	1447.9479	7.745	2.392	5.353%	Convexa	40.00	20.00	0.0026

NOMENCLATURA

	PUNTO
	FLECHA
	ENTRADA GARAJE
	ESTACIÓN
	CAJA PLUVIAL
	TUBERÍA 24" F949
	PARADA DE BUS
	LINEA CENTRAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA: INDICADA
UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

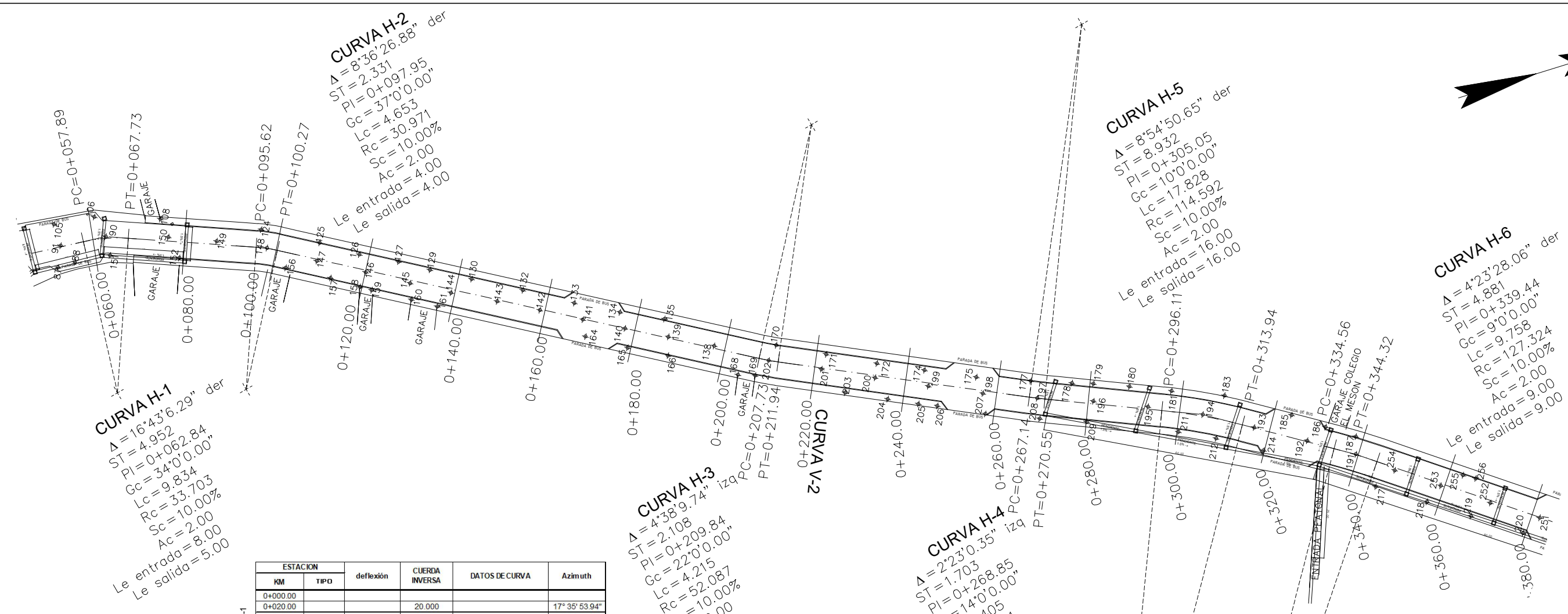
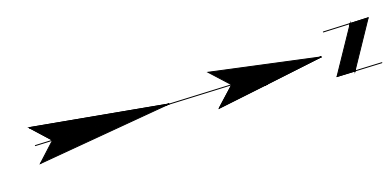
FECHA: SEPTIEMBRE 2020
CONTENIDO: PLANTA GENERAL

DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA
CALCULÓ Y DISEÑO: PEDRO QUEJ SORIA

PLANO NO. 2 DE 21

PLANTA GENERAL

ESCALA: 1:19500



CURVA H-1
 $\Delta = 16^{\circ}43'6.29''$ der
 $ST = 4.952$
 $PI = 0+062.84$
 $Gc = 9.834$
 $Lc = 33.703$
 $Rc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 Le entrada = 8.00
 Le salida = 5.00

CURVA H-2
 $\Delta = 8^{\circ}36'26.88''$ der
 $ST = 2.331$
 $PI = 0+097.95$
 $Gc = 4.653$
 $Lc = 30.971$
 $Rc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 Le entrada = 4.00
 Le salida = 4.00

CURVA H-5
 $\Delta = 8^{\circ}54'50.65''$ der
 $ST = 8.932$
 $PI = 0+305.05$
 $Gc = 10^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 17.828$
 $Rc = 114.592$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 Le entrada = 16.00
 Le salida = 16.00

CURVA H-6
 $\Delta = 4^{\circ}23'28.06''$ der
 $ST = 4.881$
 $PI = 0+339.44$
 $Gc = 9.758$
 $Lc = 127.324$
 $Rc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 Le entrada = 9.00
 Le salida = 9.00


CURVA H-3
 $\Delta = 4^{\circ}38'9.74''$ izq
 $ST = 2.108$
 $PI = 0+209.84$
 $Gc = 4.215$
 $Lc = 52.087$
 $Rc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 Le entrada = 4.00
 Le salida = 4.00

CURVA H-4
 $\Delta = 2^{\circ}23'0.35''$ izq
 $ST = 1.703$
 $PI = 0+268.85$
 $Gc = 14^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 3.405$
 $Rc = 81.851$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 Le entrada = 3.00
 Le salida = 3.00


CURVAS HORIZONTALES

ESTACION	ESTACION		CUERDA INVERSA	DATOS DE CURVA	Azimuth
	KM	TIPO			
0+000.00					
0+020.00			20.000		17° 35' 53.94"
0+040.00			20.000		17° 35' 53.94"
0+057.90	PC		17.897	$\Delta = 16^{\circ}43'6.29''$ der	17° 35' 53.94"
0+060.00			2.103	ST = 4.952	19° 23' 9.09"
0+067.73	PT		9.800	PI = 0+062.85	25° 57' 27.09"
				Gc = 34° 0' 0.00"	
				Lc = 9.834	
				Rc = 33.703	
0+080.00			12.269		34° 19' 0.24"
0+095.62	PC		15.621	$\Delta = 8^{\circ}36'26.88''$ der	34° 19' 0.24"
0+100.00			4.376	ST = 2.331	38° 22' 3.67"
0+100.27	PT		4.648	PI = 0+097.95	38° 37' 13.67"
				Gc = 37° 0' 0.00"	
				Lc = 4.653	
				Rc = 30.971	
0+120.00			19.727		42° 55' 27.11"
0+140.00			20.000		42° 55' 27.11"
0+160.00			20.000		42° 55' 27.11"
0+180.00			20.000		42° 55' 27.11"
0+200.00			20.000		42° 55' 27.11"
0+207.73	PC		7.732	$\Delta = 4^{\circ}38'9.74''$ izq	42° 55' 27.11"
0+211.95	PT		4.213	ST = 2.108	40° 36' 22.24"
				PI = 0+209.84	
				Gc = 22° 0' 0.00"	
				Lc = 4.215	
				Rc = 52.087	
0+220.00			8.053		38° 17' 17.37"
0+240.00			20.000		38° 17' 17.37"
0+260.00			20.000		38° 17' 17.37"
0+267.15	PC		7.148	$\Delta = 2^{\circ}23'0.35''$ izq	38° 17' 17.37"
0+270.55	PT		3.405	ST = 1.703	37° 5' 47.19"
				PI = 0+268.85	
				Gc = 14° 0' 0.00"	
				Lc = 3.405	
				Rc = 81.851	
0+280.00			9.447		35° 54' 17.02"
0+296.12	PC		16.120	$\Delta = 8^{\circ}54'50.65''$ der	35° 54' 17.02"
0+300.00			3.880	ST = 8.932	36° 52' 29.38"
0+313.95	PT		17.810	PI = 0+305.05	40° 21' 42.34"
				Gc = 10° 0' 0.00"	
				Lc = 17.828	
				Rc = 114.592	
0+320.00			6.052		44° 49' 7.67"
0+334.57	PC		14.566	$\Delta = 4^{\circ}23'28.06''$ der	44° 49' 7.67"
0+340.00			5.433	ST = 4.881	46° 2' 29.00"
0+344.32	PT		9.756	PI = 0+339.45	47° 0' 51.70"
				Gc = 9° 0' 0.00"	
				Lc = 9.758	
				Rc = 127.324	

	PUNTO
	FLECHA
	ENTRADA GARAJE
	ESTACION
	CAJA PLUVIAL
	TUBERIA 24" F949
	PARADA DE BUS
	LINEA CENTRAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: PLANTA 0+000 A 0+320				
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">PLANO NO.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DE</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;">21</td> </tr> </table>	PLANO NO.	3	DE	21
PLANO NO.					
3					
DE					
21					
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA					

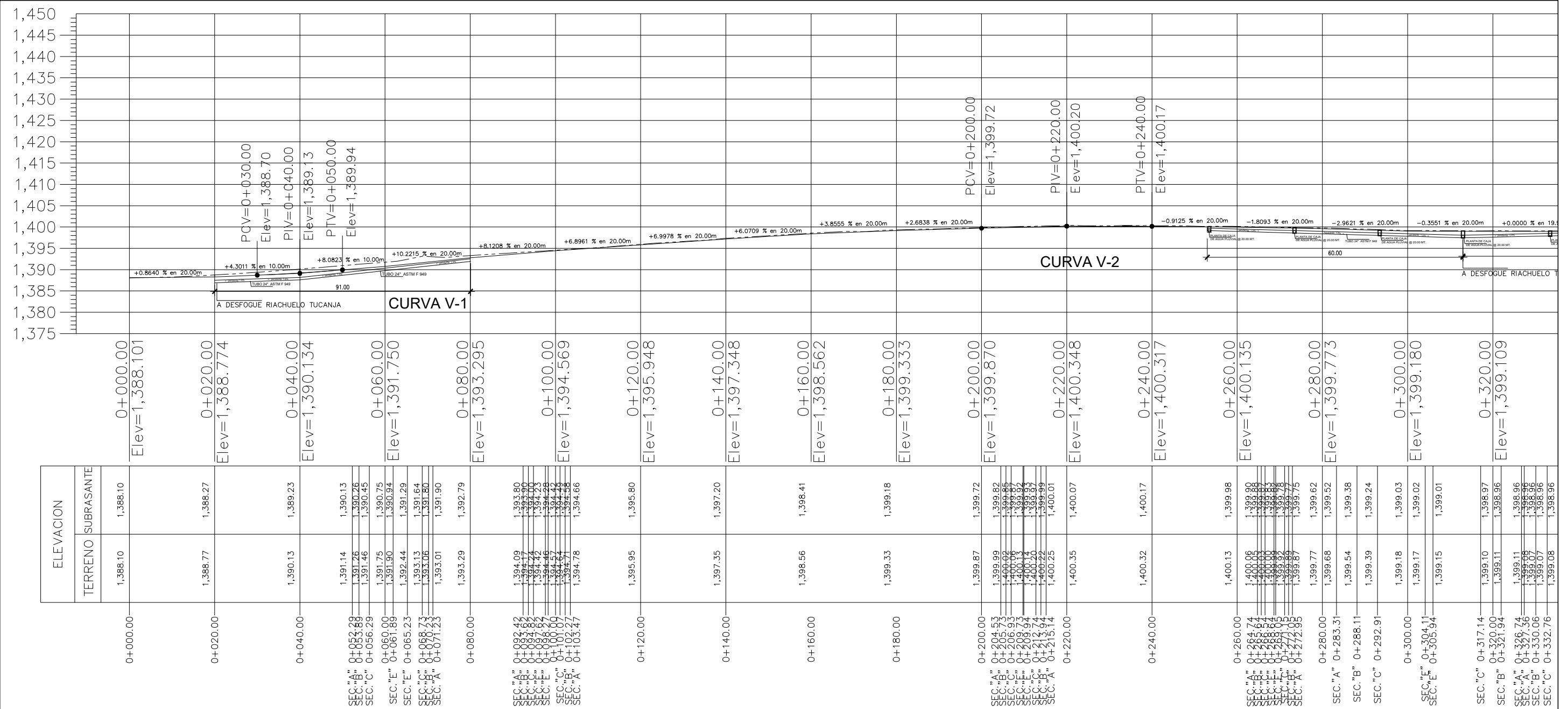
PLANTA

0+000 A 0+320 ESCALA: 1:9500

PERFIL

0+000 A 0+320

ESCALA: 1:9500



NOMENCLATURA	
	PUNTO
	FLECHA
	ENTRADA GARAJE
	ESTACIÓN
	CAJA PLUVIAL
	TUBERÍA 24" F949
	PARADA DE BUS
	LINEA CENTRAL

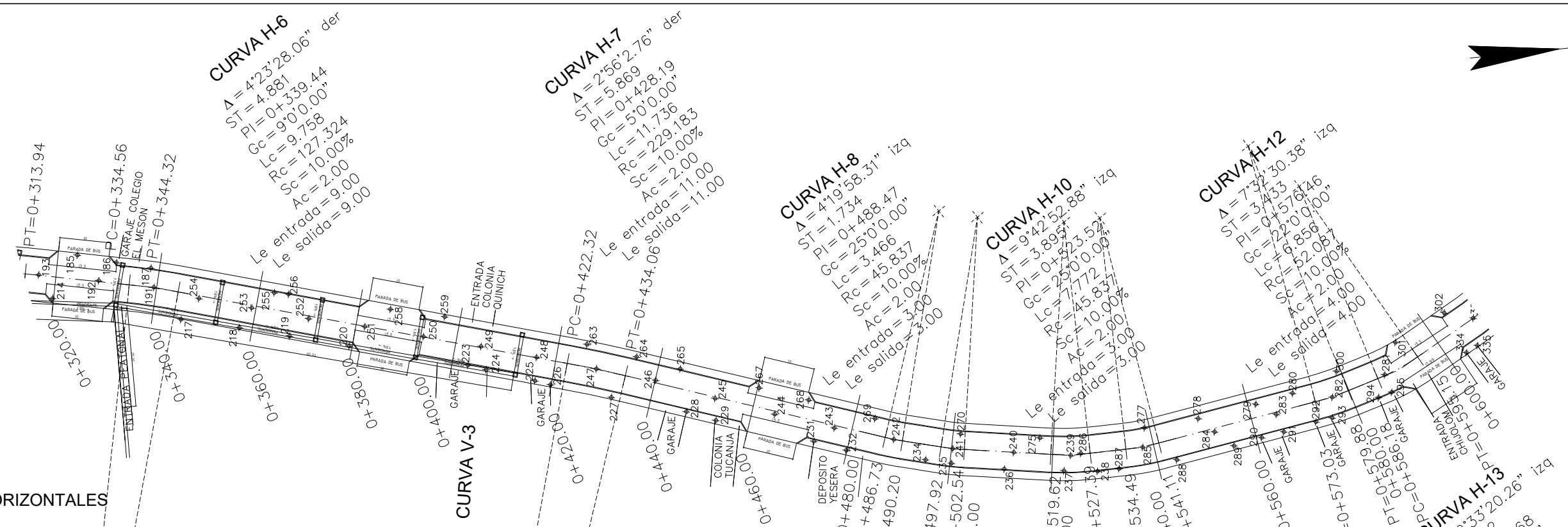
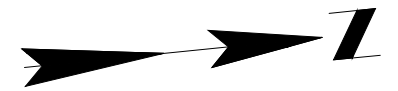
CURVAS VERTICALES

Datos de curva (1)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
4.301	8.082	0+040.000	1389.1340	20.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -3.781%				Tipo de curva: En coltupio	

Z (m)	Descripción	Estación	Elev (STang)	Elev (S/Curva)
0	PCV	0+030.000	1388.704	1388.704
1	PTV	0+050.000	1389.942	1389.942

Datos de curva (2)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
2.391	-0.153	0+220.000	1400.1979	40.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 2.544%				Tipo de curva: En cresta	

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
PROYECTO: DISÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.	
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: PERFIL 0+000 A 0+320
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	CALCULO Y DISEÑO: PEDRO QUEJ SORIA
PLANO NO. 4 DE 21	



CURVAS HORIZONTALES

Estación	PC	PT	Δ	ST	PI	Gc	Lc	Rc	Ac
0+320.00			6.052						44° 49' 7.67"
0+334.57	PC		14.566	Δ = 4° 23' 28.06" der	4.881				44° 49' 7.67"
0+340.00			5.433	ST = 4.881					46° 2' 29.00"
0+344.32	PT		9.756	PI = 0+339.45					47° 0' 51.70"
				Gc = 9° 0' 0.00"					Lc = 9.758
				Rc = 127.324					
0+360.00			15.676						49° 12' 35.72"
0+380.00			20.000						49° 12' 35.72"
0+400.00			20.000						49° 12' 35.72"
0+420.00			20.000						49° 12' 35.72"
0+422.32	PC		2.324	Δ = 2° 56' 2.76" der					49° 12' 35.72"
0+434.06	PT		11.735	ST = 5.869					50° 40' 37.10"
				PI = 0+428.19					
				Gc = 5° 0' 0.00"					Lc = 11.736
				Rc = 229.183					
0+440.00			5.939						52° 8' 38.48"
0+460.00			20.000						52° 8' 38.48"
0+480.00			20.000						52° 8' 38.48"
0+486.74	PC		6.738	Δ = 4° 19' 58.31" izq					52° 8' 38.48"
0+490.20	PT		3.465	ST = 1.734					49° 58' 39.33"
				PI = 0+488.47					
				Gc = 25° 0' 0.00"					Lc = 3.466
				Rc = 45.837					
0+497.92	PC		7.720	Δ = 5° 46' 17.28" izq					47° 48' 40.17"
0+500.00			2.075	ST = 2.311					46° 30' 50.47"
0+502.54	PT		4.615	PI = 0+500.24					44° 55' 31.53"
				Gc = 25° 0' 0.00"					Lc = 4.617
				Rc = 45.837					
0+519.63	PC		17.084	Δ = 9° 42' 52.88" izq					42° 2' 22.89"
0+520.00			0.374	ST = 3.895					41° 48' 21.28"
0+527.40	PT		7.762	PI = 0+523.52					37° 10' 56.45"
				Gc = 25° 0' 0.00"					Lc = 7.772
				Rc = 45.837					
0+534.50	PC		7.100	Δ = 8° 16' 5.99" izq					32° 19' 30.01"
0+540.00			5.499	ST = 3.313					28° 53' 10.04"
0+541.11	PT		6.609	PI = 0+537.81					28° 11' 27.02"
				Gc = 25° 0' 0.00"					Lc = 6.615
				Rc = 45.837					
0+560.00			18.888						24° 3' 24.02"
0+573.03	PC		13.033	Δ = 7° 32' 30.38" izq					24° 3' 24.02"
0+579.89	PT		6.851	ST = 3.433					20° 17' 8.83"
				PI = 0+576.47					
				Gc = 22° 0' 0.00"					Lc = 6.856
				Rc = 52.087					
0+580.00			0.111						16° 30' 53.65"
0+586.19	PC		6.187	Δ = 12° 33' 20.26" izq					16° 30' 53.65"
0+595.16	PT		8.950	ST = 4.502					10° 14' 13.52"
				PI = 0+590.69					
				Gc = 28° 0' 0.00"					Lc = 8.968
				Rc = 40.926					

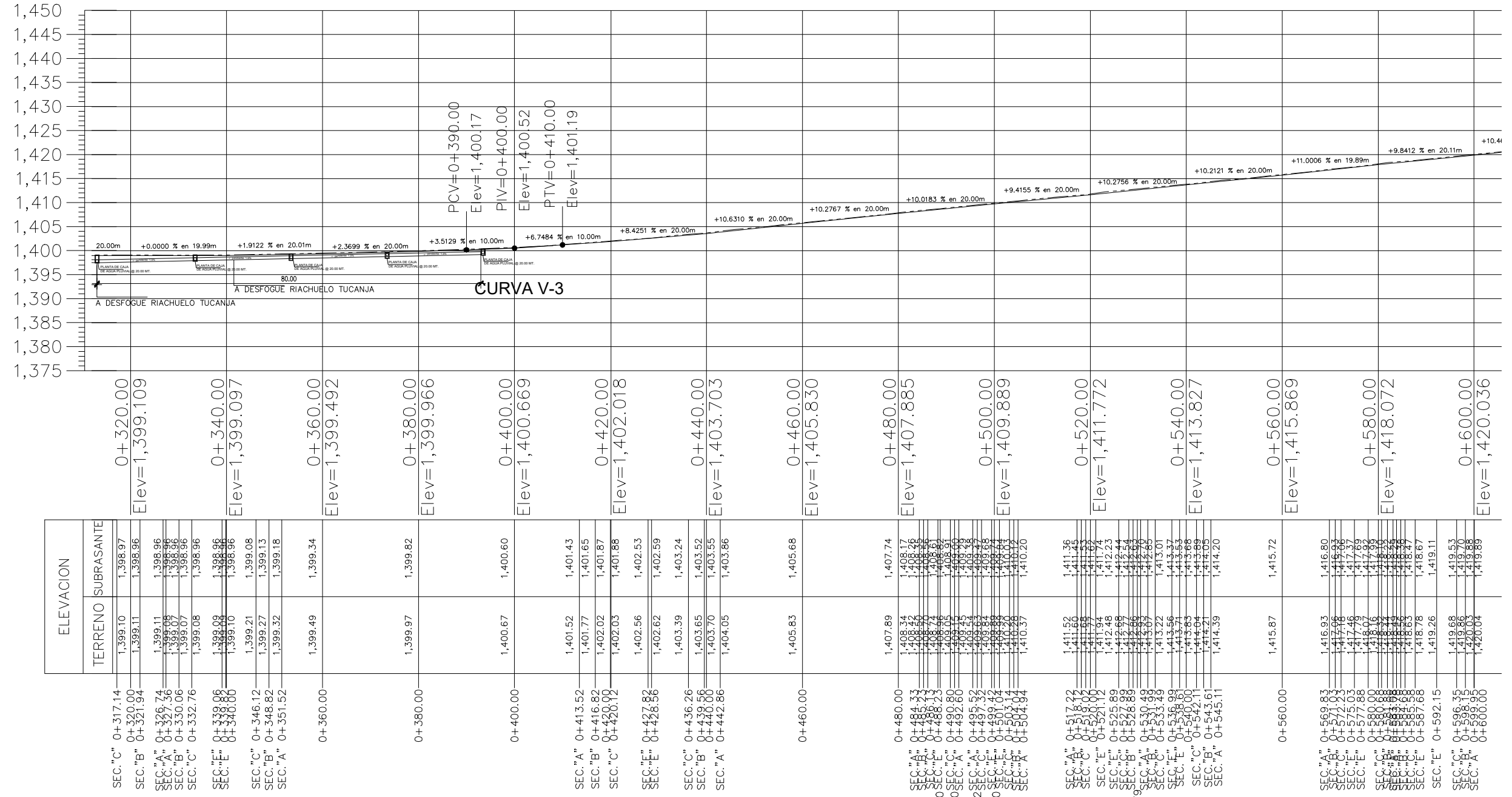
PLANTA

0+320 A 0+600

ESCALA: 1:9500

NOMENCLATURA	
	PUNTO
	FLECHA
	ENTRADA GARAJE
	ESTACION
	CAJA PLUVIAL
	TUBERIA 24" F949
	PARADA DE BUS
	LINEA CENTRAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO					
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.					
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: PLANTA 0+320 A 0+680				
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1"> <tr> <td>PLANO NO.</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>DE.</td> <td>21</td> </tr> </table>	PLANO NO.	5	DE.	21
PLANO NO.		5			
DE.	21				
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA					



ELEVACION	
TERRENO SUBRASANTE	
SEC."C" 0+317.14	1,399.10
SEC."C" 0+320.00	1,398.97
SEC."B" 0+321.94	1,399.11
SEC."A" 0+326.74	1,399.11
SEC."B" 0+327.36	1,399.09
SEC."C" 0+330.06	1,399.07
SEC."C" 0+332.76	1,399.08
SEC."E" 0+338.08	1,399.08
SEC."E" 0+340.00	1,399.10
SEC."C" 0+346.12	1,399.21
SEC."B" 0+348.82	1,399.27
SEC."A" 0+351.52	1,399.32
0+360.00	1,399.49
0+380.00	1,399.97
0+400.00	1,400.67
SEC."A" 0+413.52	1,401.52
SEC."B" 0+416.82	1,401.77
SEC."C" 0+420.00	1,402.02
SEC."E" 0+427.82	1,402.56
SEC."E" 0+428.56	1,402.62
SEC."C" 0+436.26	1,403.39
SEC."B" 0+439.56	1,403.65
SEC."A" 0+442.86	1,404.05
0+460.00	1,405.83
0+480.00	1,407.74
SEC."A" 0+484.33	1,408.17
SEC."B" 0+487.23	1,408.42
SEC."C" 0+488.73	1,408.56
SEC."E" 0+488.70	1,408.61
SEC."B" 0+491.70	1,408.91
SEC."A" 0+492.80	1,409.15
SEC."E" 0+495.32	1,409.43
SEC."C" 0+496.42	1,409.47
SEC."B" 0+497.32	1,409.54
SEC."C" 0+499.00	1,409.68
SEC."A" 0+500.00	1,409.83
SEC."B" 0+503.14	1,410.01
SEC."A" 0+504.94	1,410.12
SEC."A" 0+517.22	1,411.52
SEC."B" 0+518.12	1,411.56
SEC."C" 0+520.00	1,411.77
SEC."E" 0+521.12	1,411.94
SEC."B" 0+525.89	1,412.48
SEC."C" 0+527.99	1,412.44
SEC."A" 0+528.69	1,412.63
SEC."B" 0+530.49	1,412.85
SEC."C" 0+533.49	1,413.22
SEC."E" 0+536.99	1,413.01
SEC."C" 0+538.00	1,413.37
SEC."E" 0+540.01	1,413.68
SEC."B" 0+543.61	1,413.88
SEC."A" 0+545.11	1,414.21
SEC."A" 0+545.11	1,414.39
0+560.00	1,415.87
SEC."A" 0+592.15	1,416.80
SEC."B" 0+593.75	1,417.18
SEC."C" 0+595.03	1,417.37
SEC."E" 0+597.88	1,417.69
SEC."A" 0+600.00	1,418.10
SEC."B" 0+600.00	1,418.24
SEC."C" 0+600.00	1,418.38
SEC."E" 0+600.00	1,418.47
SEC."E" 0+600.00	1,418.67
SEC."E" 0+600.00	1,419.11
SEC."C" 0+606.15	1,419.68
SEC."B" 0+607.95	1,419.86
SEC."A" 0+600.00	1,419.89

PERFIL


0+320 A 0+600 ESCALA: 1:9500

NOMENCLATURA	
	PUNTO
	FLECHA
	ENTRADA GARAJE
	ESTACION
	CAJA PLUVIAL
	TUBERIA 24" F949
	PARADA DE BUS
	LINEA CENTRAL


CURVAS VERTICALES

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	0+200.000	1399.720	1399.720
1	PTV	0+220.000	1400.198	1400.071
2	PTV	0+240.000	1400.167	1400.167

Datos de curva (3)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
3.513	6.748	0+400.000	1400.5187	20.00	20.00



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



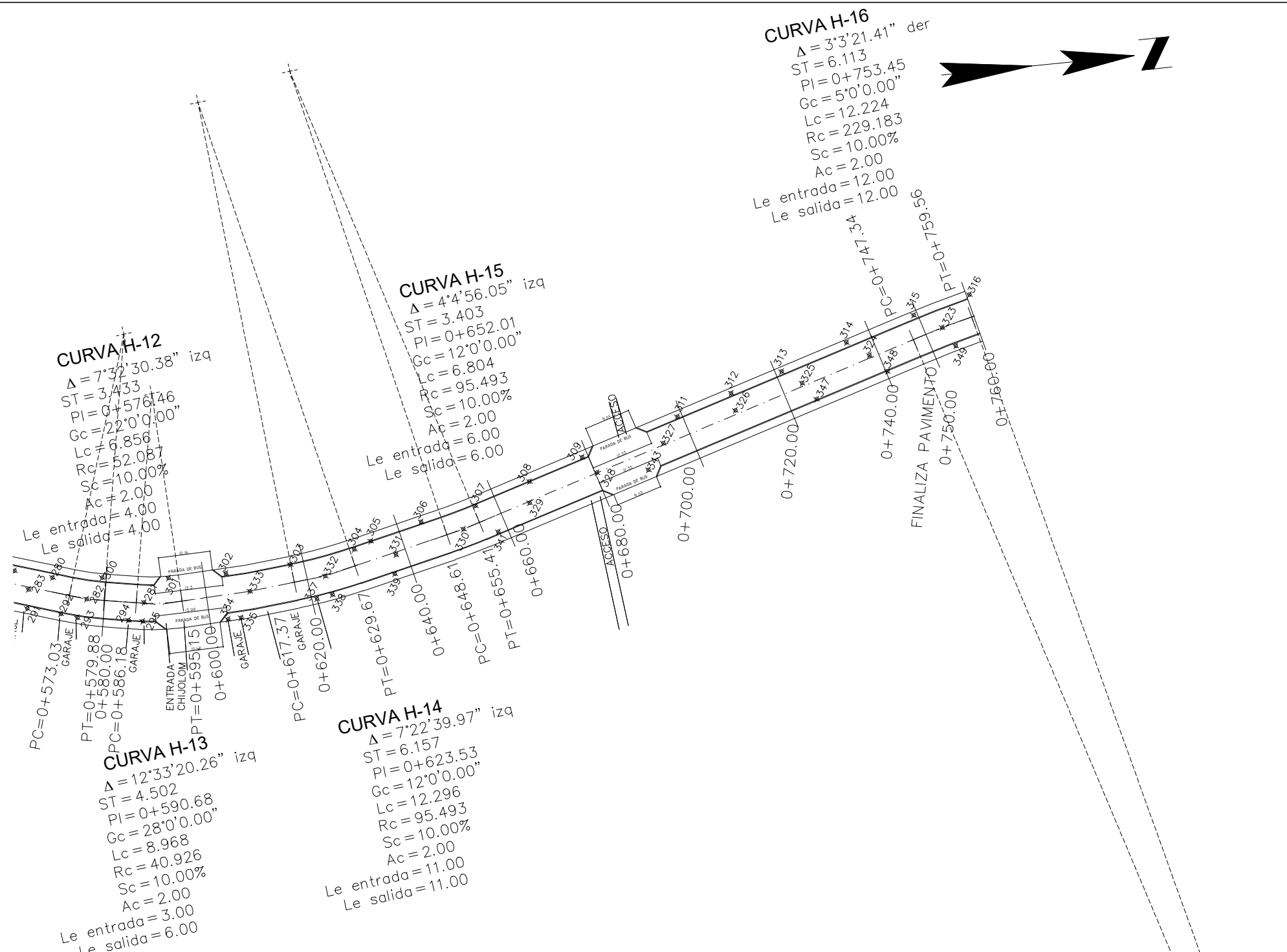
PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: PERFIL 0+320 A 0+600				
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">PLANO NO.</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">DE</td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> </table>	PLANO NO.	6	DE	21
PLANO NO.		6	DE	21	
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA					

PLANTA

0+600 A 0+760

ESCALA: 1:9500



CURVA H-16
 $\Delta = 3^{\circ}3'21.41''$ der
 $ST = 6.113$
 $PI = 0+753.45$
 $Gc = 5^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 12.224$
 $Rc = 229.183$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 $Le\ entrada = 12.00$
 $Le\ salida = 12.00$

CURVA H-15
 $\Delta = 4^{\circ}4'56.05''$ izq
 $ST = 3.403$
 $PI = 0+652.01$
 $Gc = 12^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 6.804$
 $Rc = 95.493$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 $Le\ entrada = 6.00$
 $Le\ salida = 6.00$

CURVA H-12
 $\Delta = 7^{\circ}32'30.38''$ izq
 $ST = 3.433$
 $PI = 0+576.46$
 $Gc = 22^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 6.856$
 $Rc = 52.087$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 $Le\ entrada = 4.00$
 $Le\ salida = 4.00$

CURVA H-13
 $\Delta = 12^{\circ}33'20.26''$ izq
 $ST = 4.502$
 $PI = 0+590.68$
 $Gc = 28^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 8.968$
 $Rc = 40.926$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 $Le\ entrada = 3.00$
 $Le\ salida = 6.00$

CURVA H-14
 $\Delta = 7^{\circ}22'39.97''$ izq
 $ST = 6.157$
 $PI = 0+623.53$
 $Gc = 12^{\circ}0'0.00''$
 $Lc = 12.296$
 $Rc = 95.493$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 2.00$
 $Le\ entrada = 11.00$
 $Le\ salida = 11.00$

NOMENCLATURA

	PUNTO
	FLECHA
	ENTRADA GARAJE
	ESTACIÓN
	CAJA PLUVIAL
	TUBERÍA 24" F949
	PARADA DE BUS
	LINEA CENTRAL

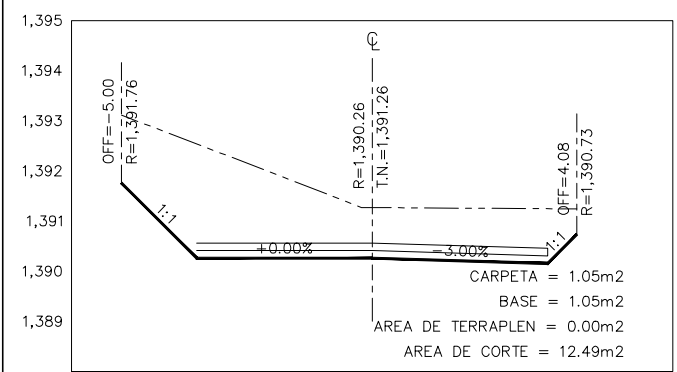
CURVAS HORIZONTALES

Estación	Descripción	ST	PI	Gc	Lc	Rc	Sc	Ac	Le entrada	Le salida	Angulo
0+600.00	PI		4.844								3° 57' 33.39"
0+608.51	PC	8.509		$\Delta = 3^{\circ}1'57.75''$ der							3° 57' 33.39"
0+617.38	PC	8.870		$\Delta = 7^{\circ}22'39.97''$ izq							0° 55' 35.64"
0+620.00		2.621		ST = 6.157							0° 8' 24.94"
0+629.68	PT	12.288		PI = 0+623.54							357° 14' 15.66"
				Gc = 12° 0' 0.00"							
				Lc = 12.296							
				Rc = 95.493							
0+640.00		10.325									353° 32' 55.67"
0+648.61	PC	8.614		$\Delta = 4^{\circ}4'56.05''$ izq							353° 32' 55.67"
0+655.42	PT	6.802		ST = 3.403							351° 30' 27.65"
				PI = 0+652.02							
				Gc = 12° 0' 0.00"							
				Lc = 6.804							
				Rc = 95.493							
0+660.00		4.583									349° 27' 59.63"
0+680.00		20.000									349° 27' 59.63"
0+700.00		20.000									349° 27' 59.63"
0+720.00		20.000									349° 27' 59.63"
0+740.00		20.000									349° 27' 59.63"
0+747.35	PC	7.345		$\Delta = 3^{\circ}3'21.41''$ der							349° 27' 59.63"
0+759.57	PT	12.222		ST = 6.113							350° 59' 40.33"
				PI = 0+753.46							
				Gc = 5° 0' 0.00"							
				Lc = 12.224							
				Rc = 229.183							
0+760.00		0.431									352° 31' 21.03"
0+780.00		20.000									352° 31' 21.03"
0+800.00		20.000									352° 31' 21.03"
0+820.00		20.000									352° 31' 21.03"
0+820.21	PC	0.214		$\Delta = 5^{\circ}19'6.39''$ der							352° 31' 21.03"
0+840.00		19.779		ST = 10.645							354° 59' 44.51"
0+841.49	PT	21.266		PI = 0+830.86							355° 10' 54.23"
				Gc = 5° 0' 0.00"							
				Lc = 21.274							
				Rc = 229.183							
0+858.50	PC	17.016		$\Delta = 4^{\circ}14'18.03''$ der							357° 50' 27.43"
0+860.00		1.496		ST = 1.060							359° 20' 12.81"
0+860.62	PT	2.119		PI = 0+859.56							359° 57' 36.44"
				Gc = 40° 0' 0.00"							
				Lc = 2.119							
				Rc = 28.648							
0+880.00		19.377									2° 4' 45.45"
0+900.00		20.000									2° 4' 45.45"
0+920.00		20.000									2° 4' 45.45"
0+940.00		20.000									2° 4' 45.45"
0+959.35	PC	19.353		$\Delta = 3^{\circ}35'30.94''$ izq							2° 4' 45.45"
0+960.00		0.647		ST = 3.593							1° 55' 3.27"
0+966.54	PT	7.183		PI = 0+962.95							0° 16' 59.98"
				Gc = 10° 0' 0.00"							
				Lc = 7.184							
				Rc = 114.592							
0+974.64	PC	8.107		$\Delta = 5^{\circ}0'32.75''$ izq							358° 29' 14.52"
0+979.65	PT	5.008		ST = 2.506							355° 58' 58.14"
				PI = 0+977.15							
				Gc = 20° 0' 0.00"							
				Lc = 5.009							
				Rc = 57.296							
0+980.00		0.347									353° 28' 41.76"
0+992.31	PI	12.308		$\Delta = 4^{\circ}9'15.49''$ der							353° 28' 41.76"
1+000.00		7.692									349° 19' 26.27"
1+020.00		20.000									349° 19' 26.27"
1+040.00		20.000									349° 19' 26.27"
1+060.00		20.000									349° 19' 26.27"
1+063.16		3.161									349° 19' 26.27"

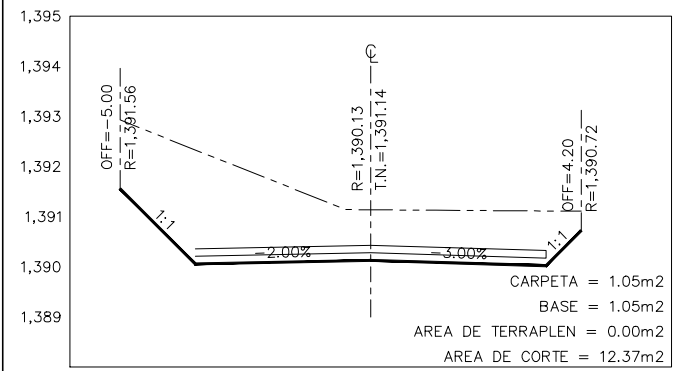
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

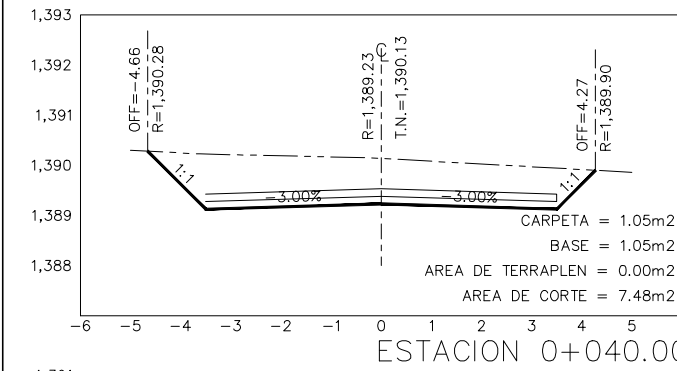
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ									
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: PLANTA 0+600 A 0+760									
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">PLANO NO.</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">DE</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CALCULÓ Y DISEÑÓ:</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PEDRO QUEJ SORIA</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	PLANO NO.	7	DE	CALCULÓ Y DISEÑÓ:	_____	21	PEDRO QUEJ SORIA		
PLANO NO.		7	DE							
CALCULÓ Y DISEÑÓ:	_____	21								
PEDRO QUEJ SORIA										



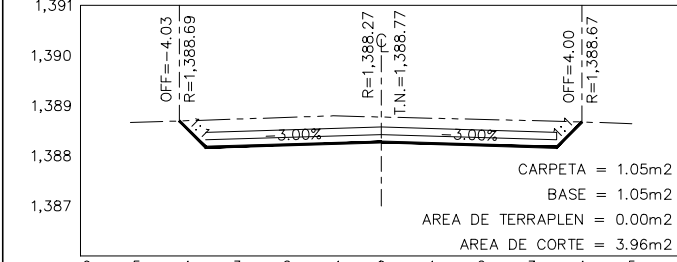
SEC. "B" ESTACION 0+053.89



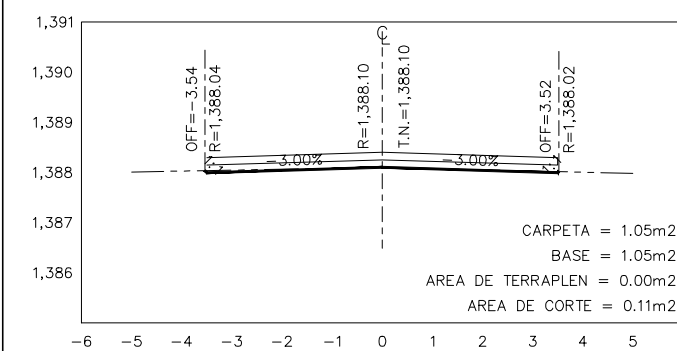
SEC. "A" ESTACION 0+052.29



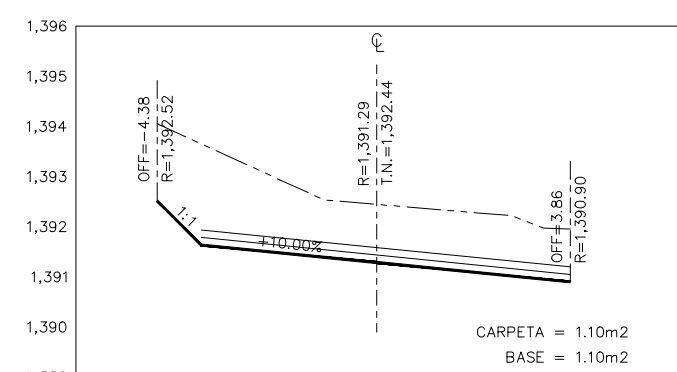
ESTACION 0+040.00



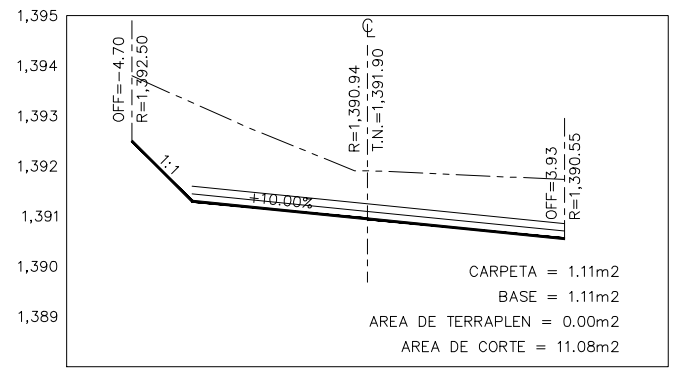
ESTACION 0+020.00



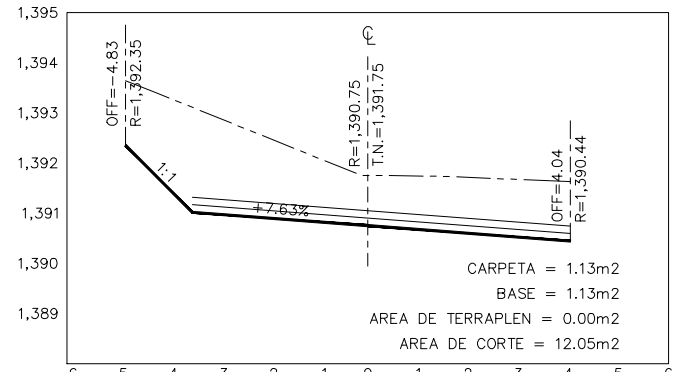
ESTACION 0+000.00



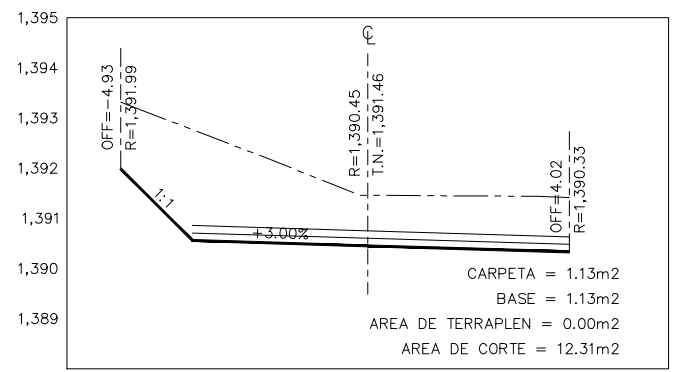
SEC. "E" ESTACION 0+065.23



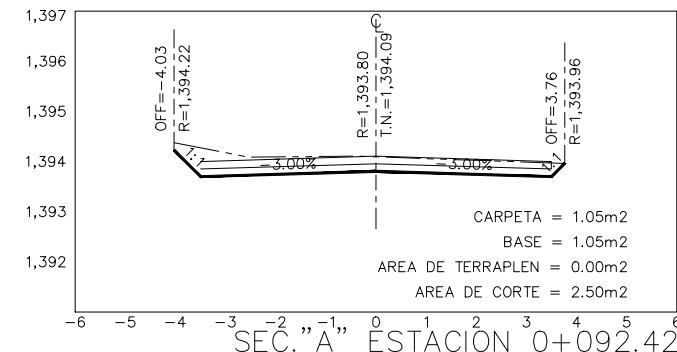
SEC. "E" ESTACION 0+061.89



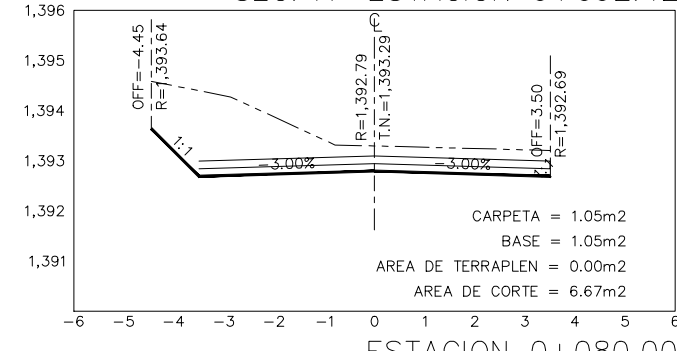
ESTACION 0+060.00



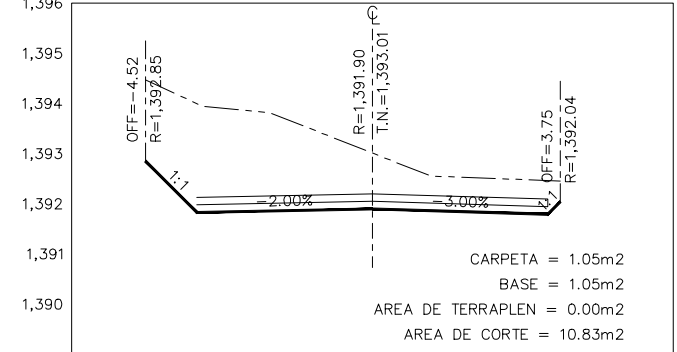
SEC. "C" ESTACION 0+056.29



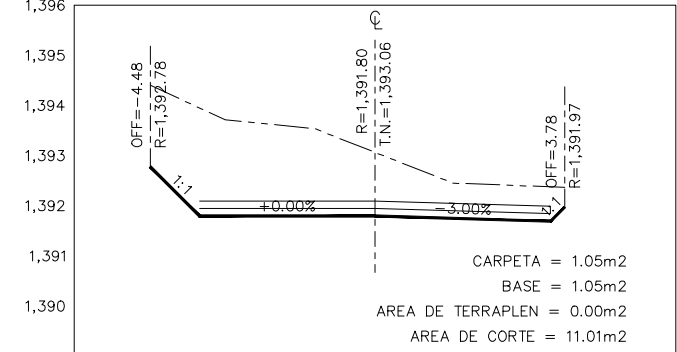
SEC. "A" ESTACION 0+092.42



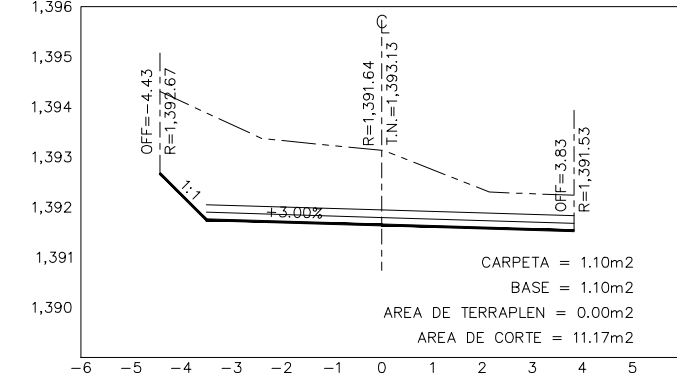
ESTACION 0+080.00



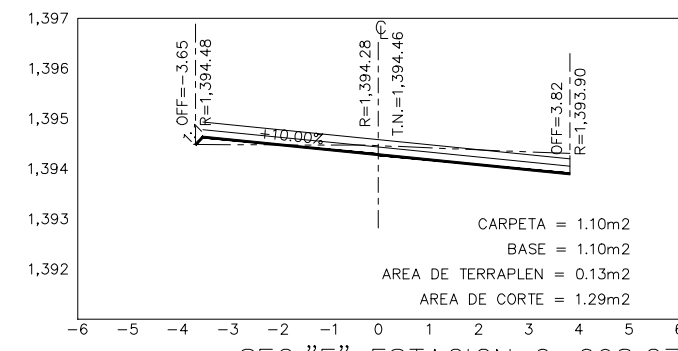
SEC. "A" ESTACION 0+071.23



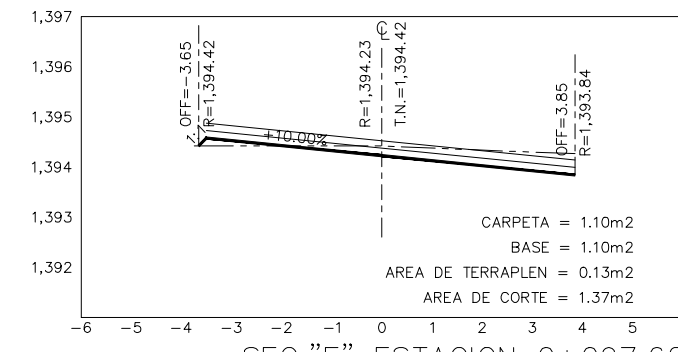
SEC. "B" ESTACION 0+070.23



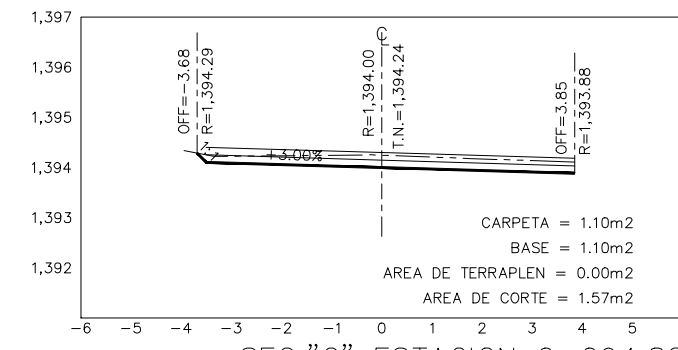
SEC. "C" ESTACION 0+068.73



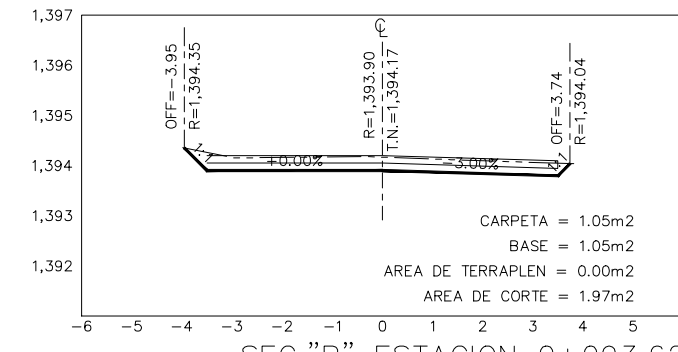
SEC. "E" ESTACION 0+098.27



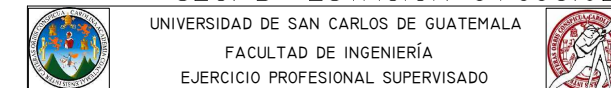
SEC. "E" ESTACION 0+097.62



SEC. "C" ESTACION 0+094.82



SEC. "B" ESTACION 0+093.62



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS
PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA:
INDICADA

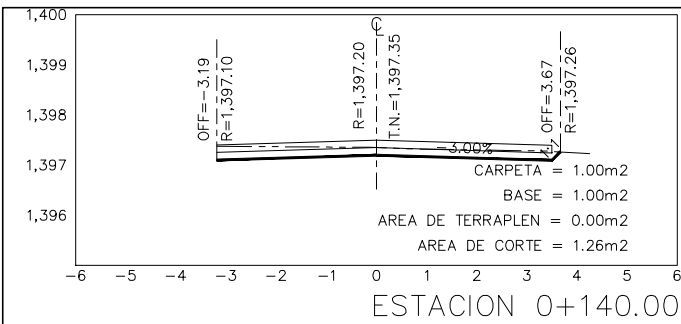
UBICACIÓN:
SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA:
SEPTIEMBRE 2020

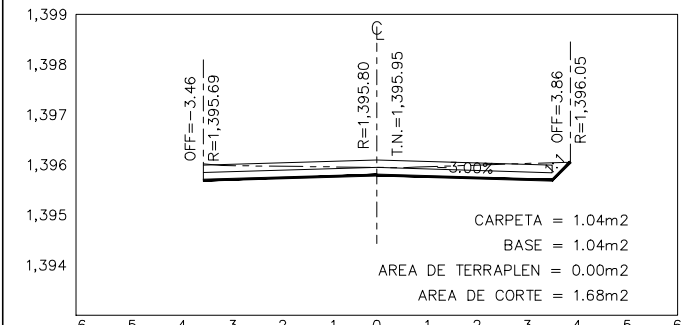
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+000.00 A 0+098.27

DIBUJÓ:
PEDRO QUEJ SORIA

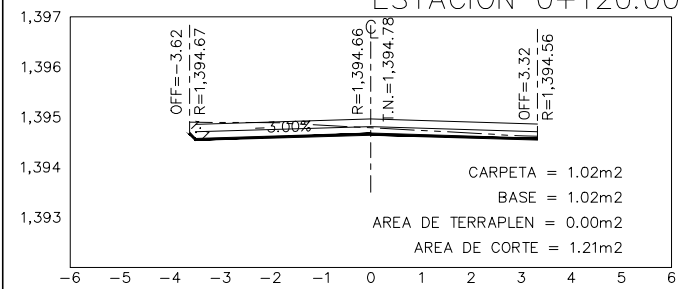
CALCULÓ Y DISEÑÓ:
PEDRO QUEJ SORIA



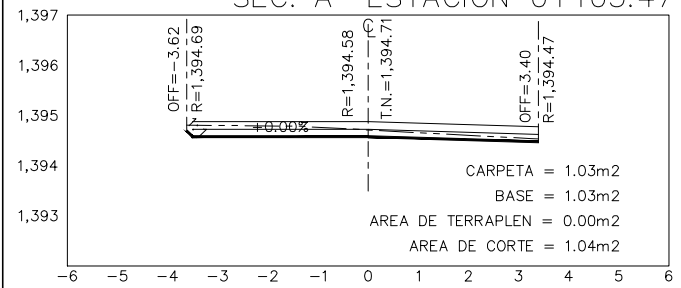
ESTACION 0+140.00



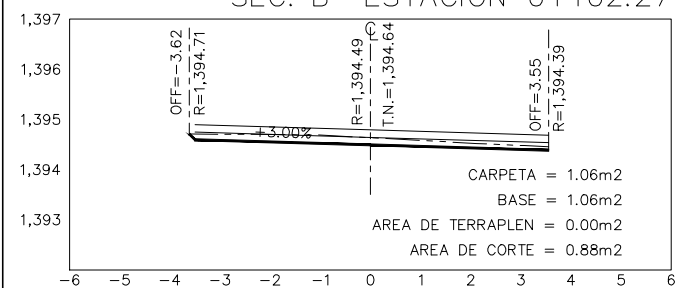
ESTACION 0+120.00



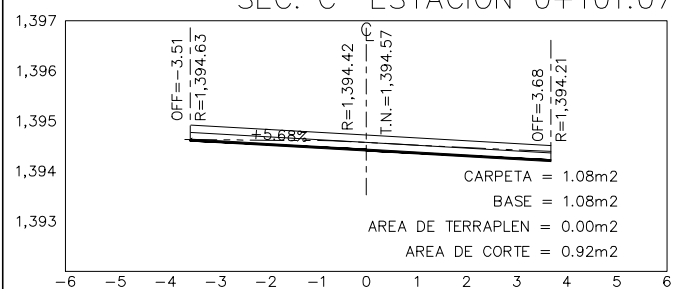
SEC. "A" ESTACION 0+103.47



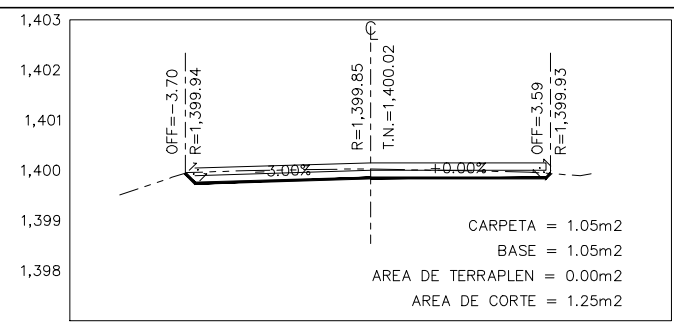
SEC. "B" ESTACION 0+102.27



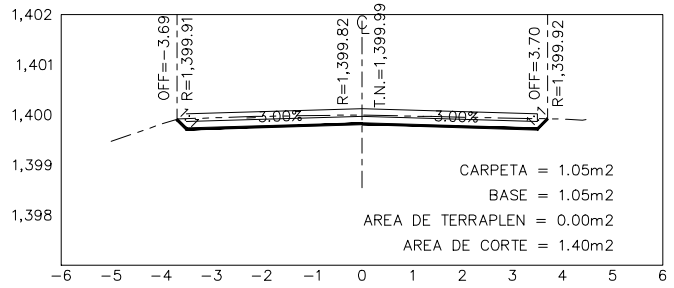
SEC. "C" ESTACION 0+101.07



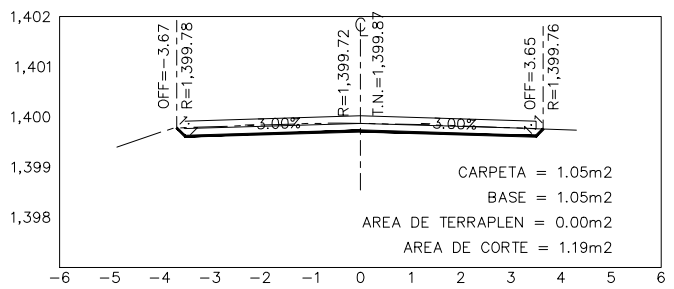
ESTACION 0+100.00



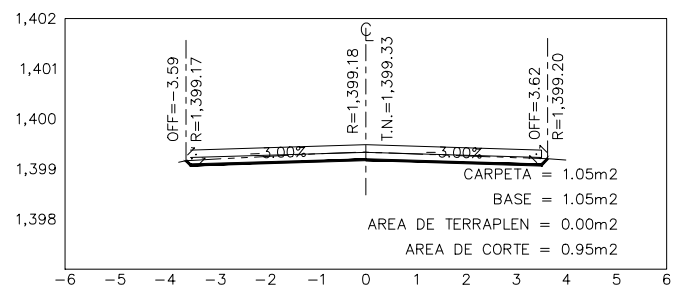
SEC. "B" ESTACION 0+205.73



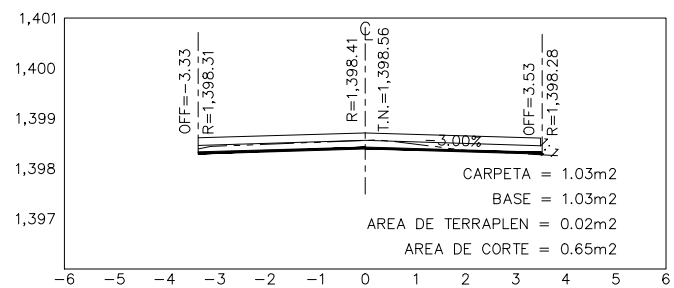
SEC. "A" ESTACION 0+204.53



ESTACION 0+200.00



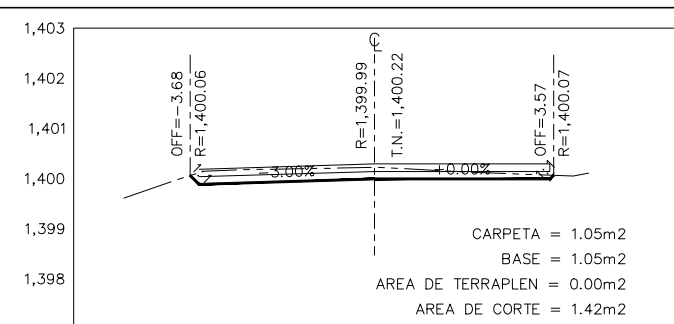
ESTACION 0+180.00



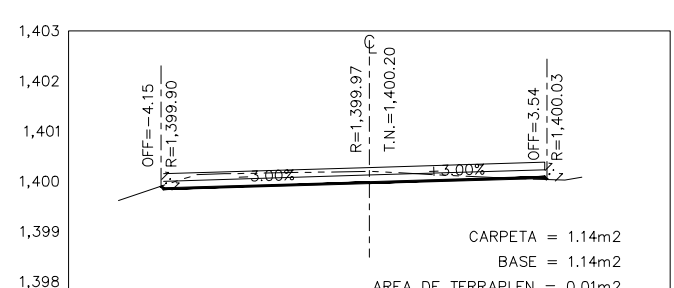
ESTACION 0+160.00

SECCIONES

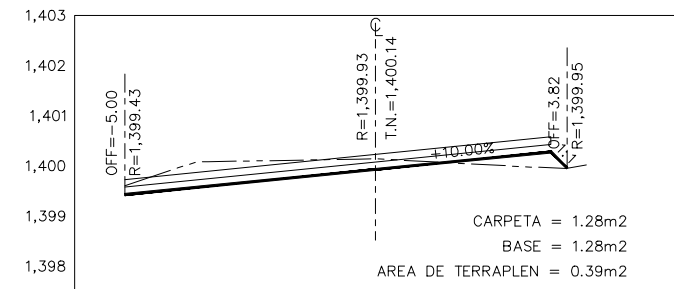
0+100.00 A 0+260.00 ESCALA: 1:100



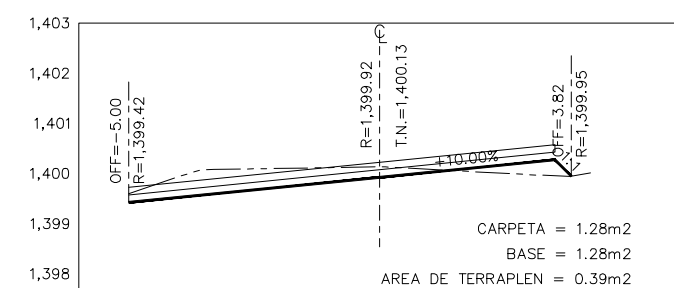
SEC. "B" ESTACION 0+213.94



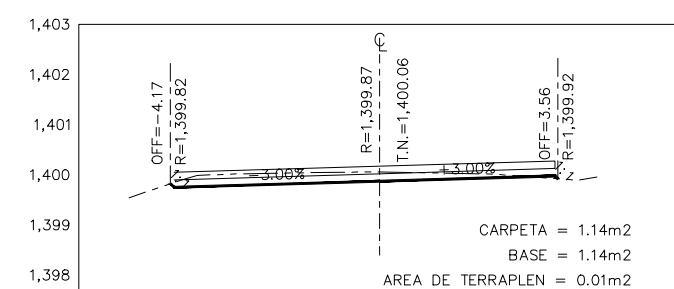
SEC. "C" ESTACION 0+212.74



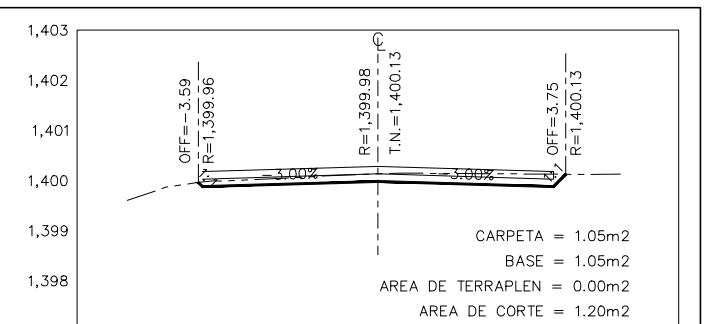
SEC. "E" ESTACION 0+209.94



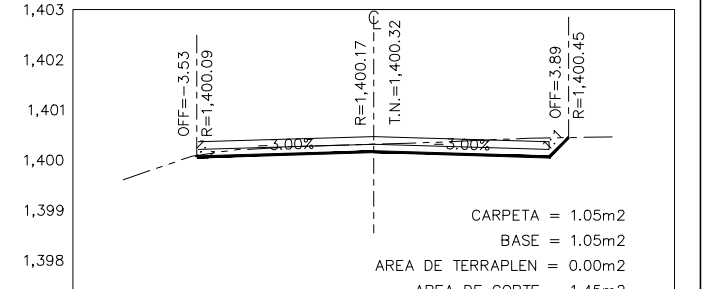
SEC. "E" ESTACION 0+209.73



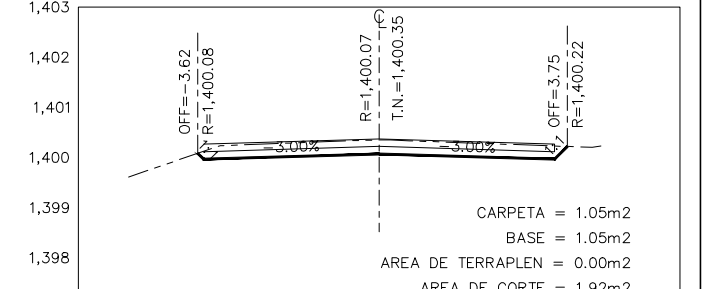
SEC. "C" ESTACION 0+206.93



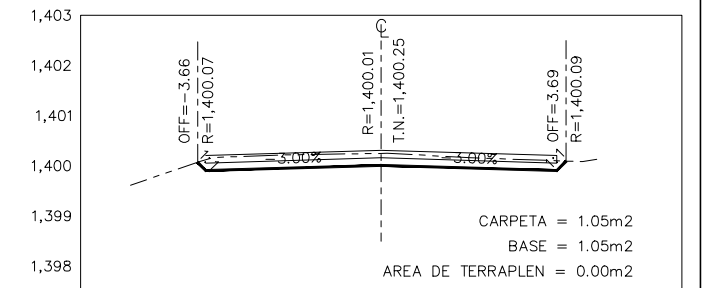
ESTACION 0+260.00



ESTACION 0+240.00



ESTACION 0+220.00



SEC. "A" ESTACION 0+215.14

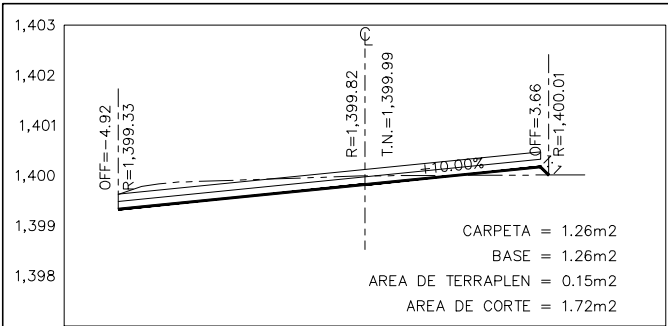
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

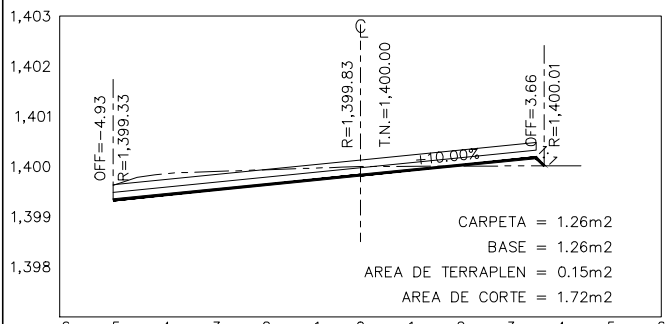
ESCALA: INDICADA
 UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2020
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 0+100.00 A 0+260.00

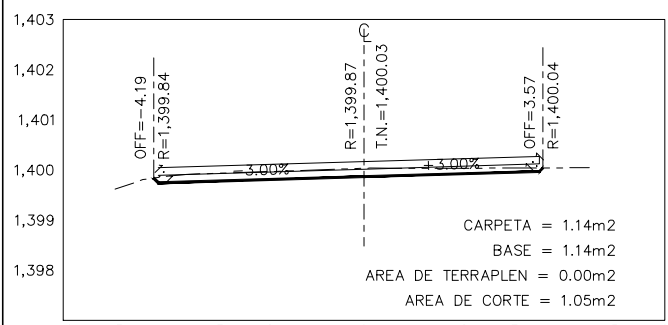
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA
 CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA



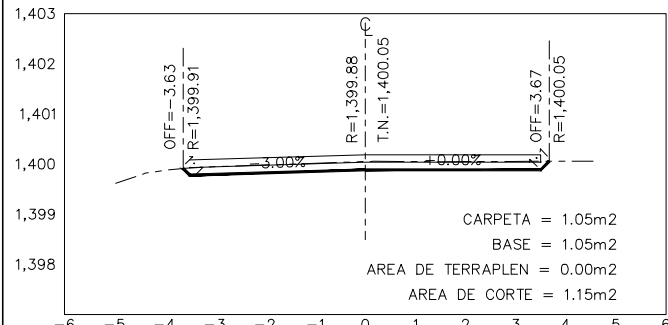
SEC. "E" ESTACION 0+269.05



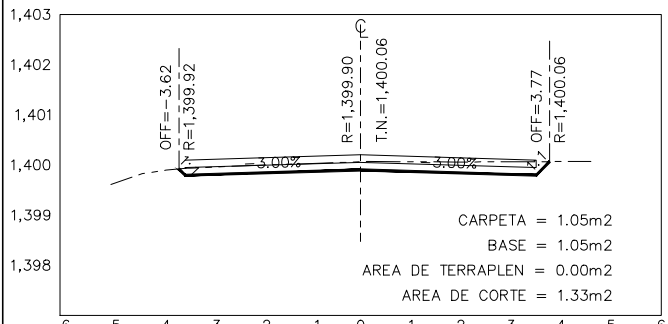
SEC. "E" ESTACION 0+268.64



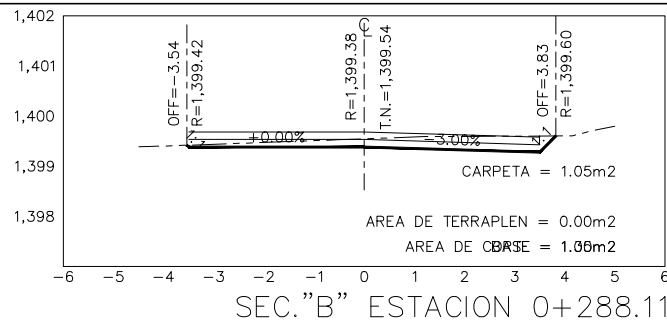
SEC. "C" ESTACION 0+266.54



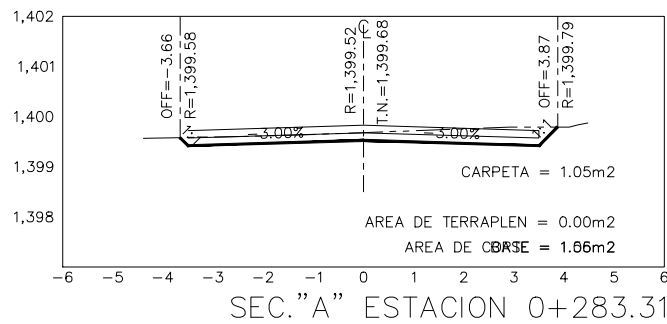
SEC. "B" ESTACION 0+265.64



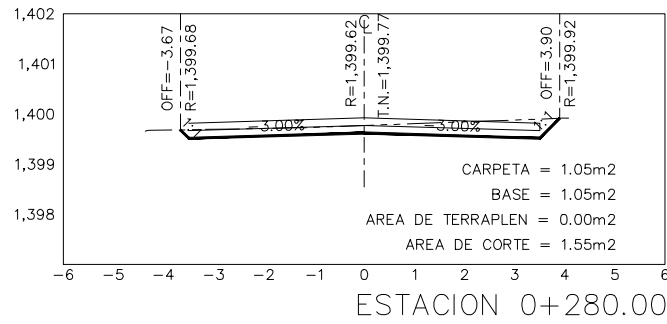
SEC. "A" ESTACION 0+264.74



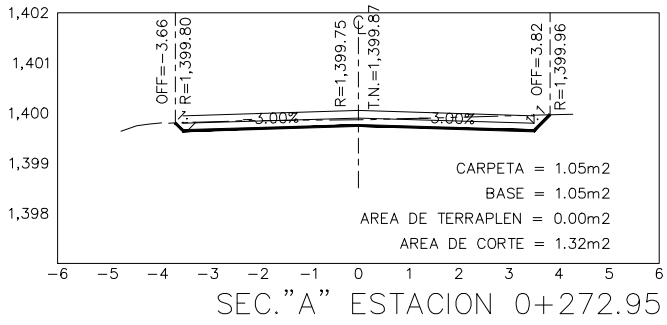
SEC. "B" ESTACION 0+288.11



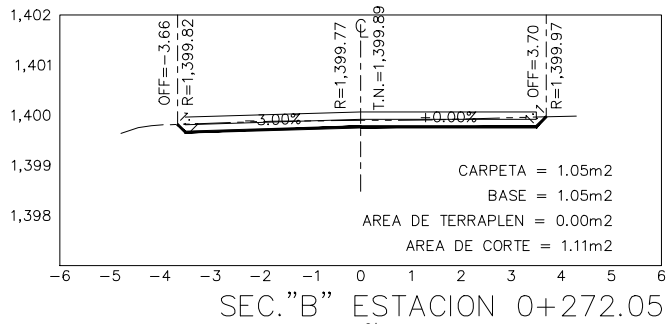
SEC. "A" ESTACION 0+283.31



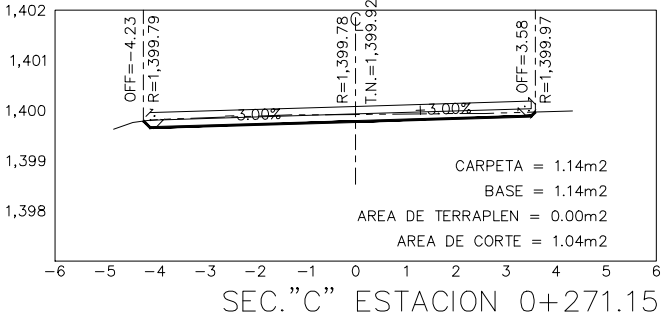
ESTACION 0+280.00



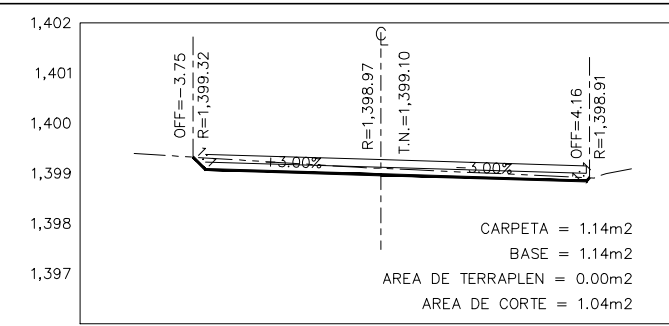
SEC. "A" ESTACION 0+272.95



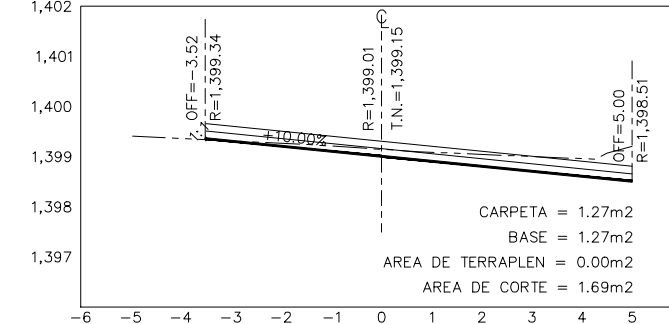
SEC. "B" ESTACION 0+272.05



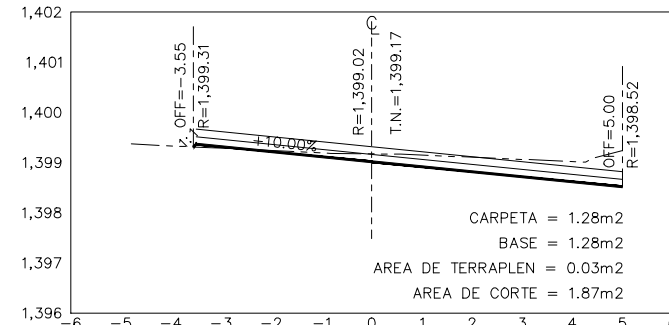
SEC. "C" ESTACION 0+271.15



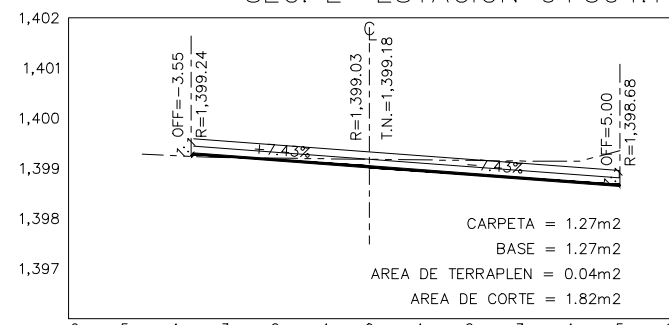
SEC. "C" ESTACION 0+317.14



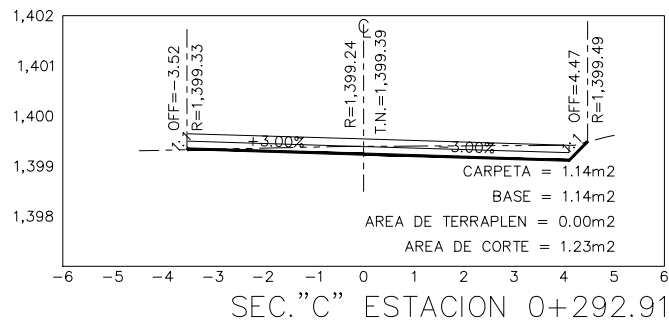
SEC. "E" ESTACION 0+305.94



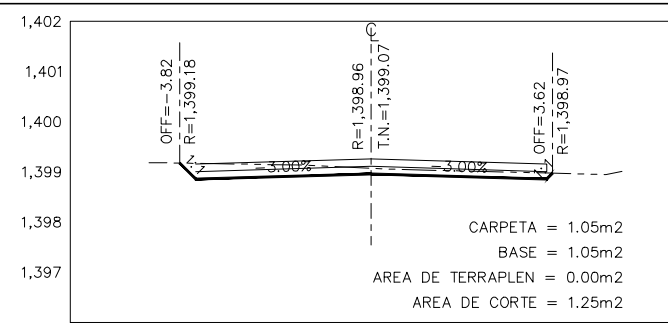
SEC. "E" ESTACION 0+304.11



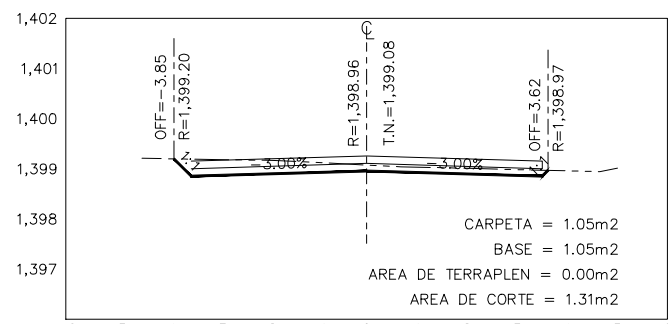
ESTACION 0+300.00



SEC. "C" ESTACION 0+292.91



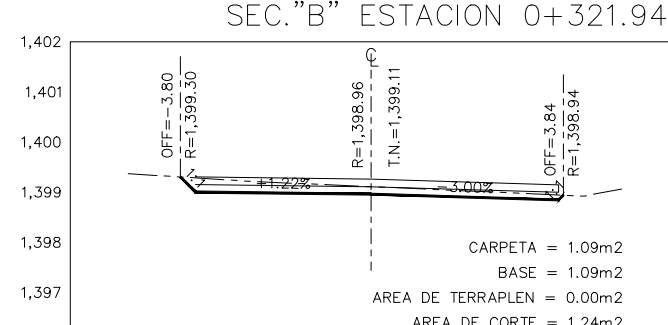
SEC. "A" ESTACION 0+327.36



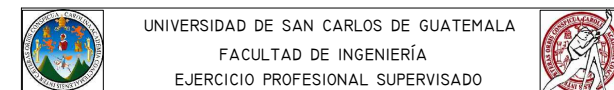
SEC. "A" ESTACION 0+326.74



SEC. "B" ESTACION 0+321.94



ESTACION 0+320.00



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA:
INDICADA

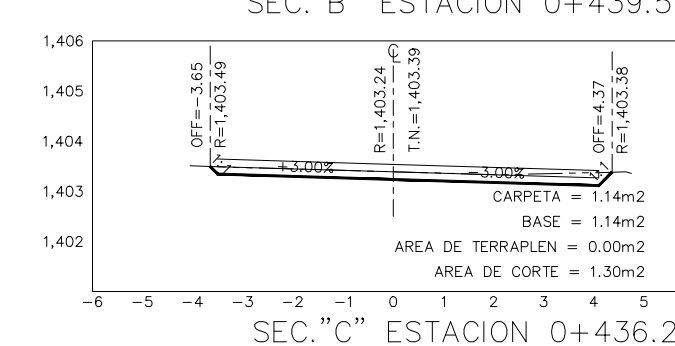
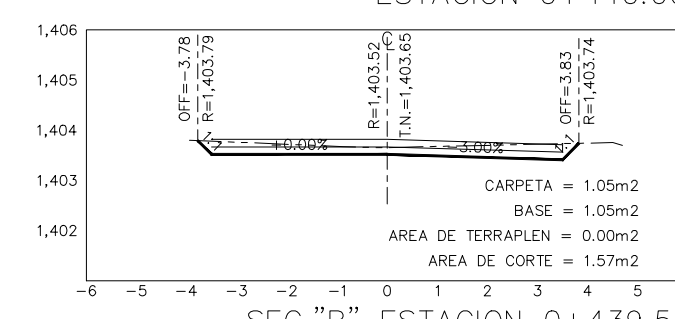
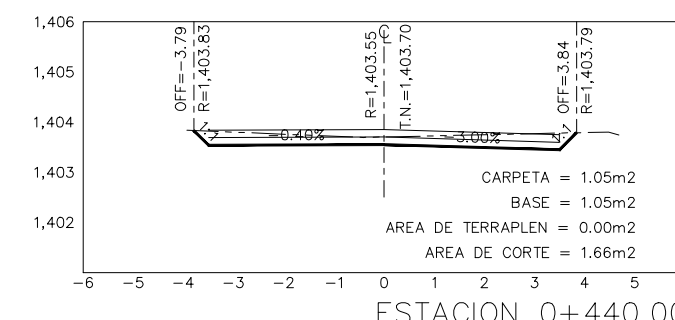
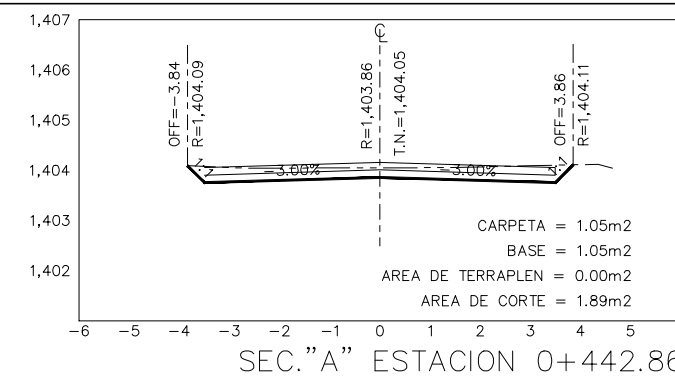
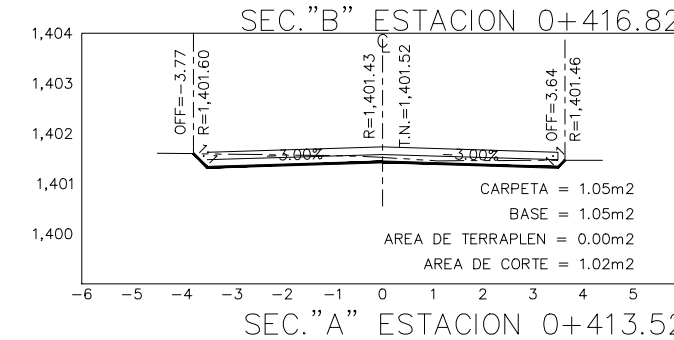
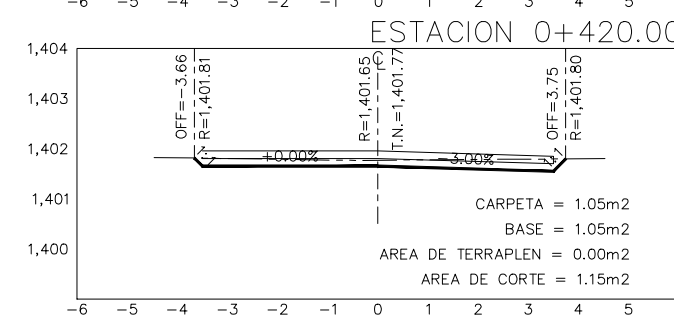
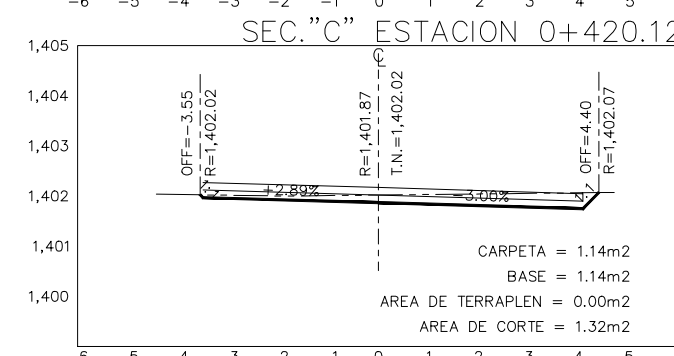
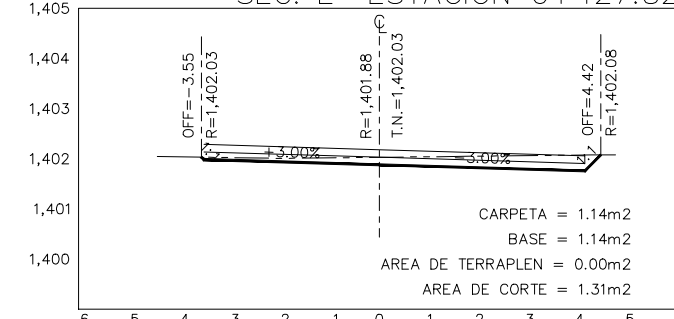
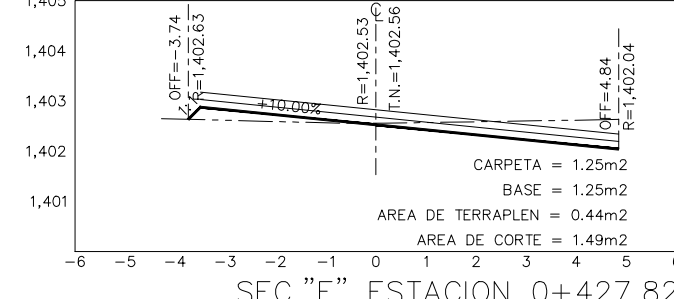
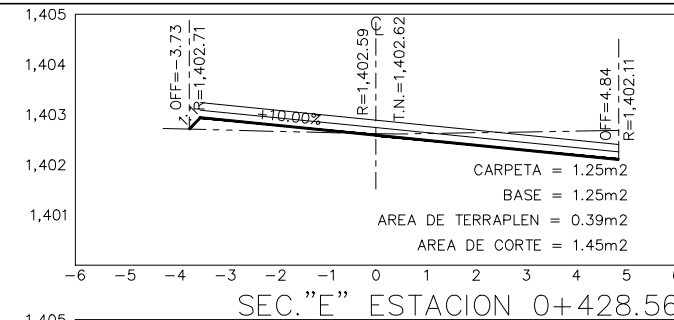
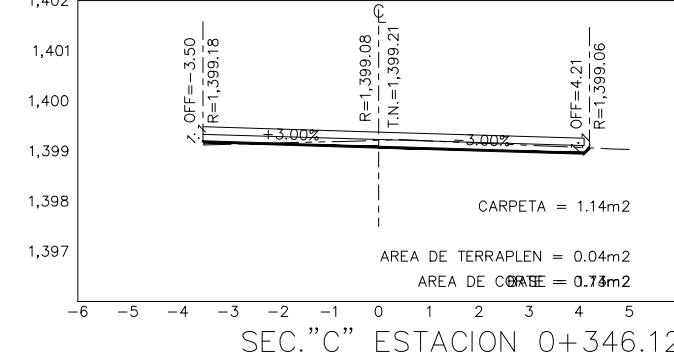
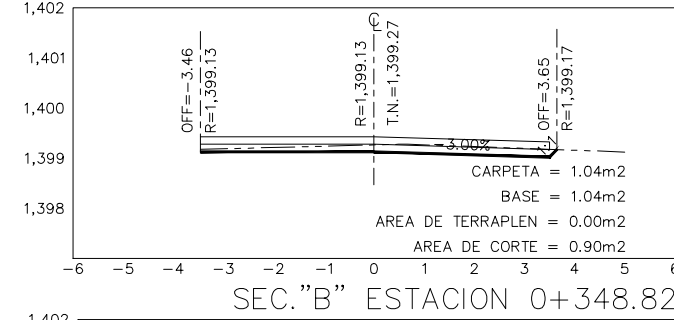
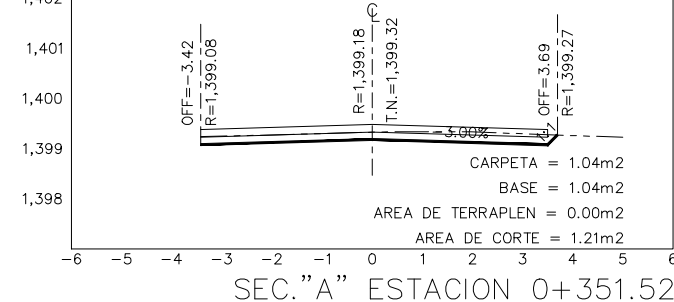
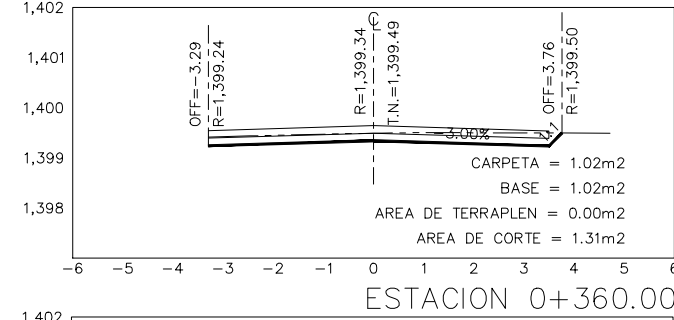
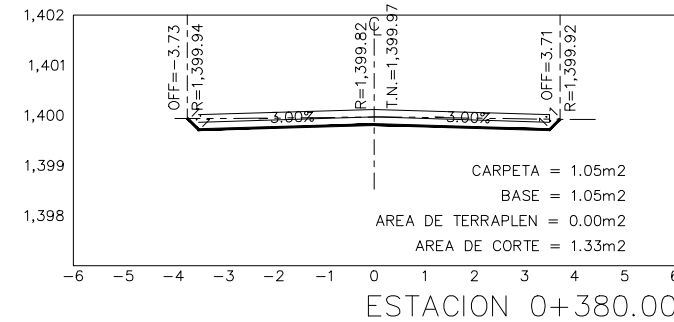
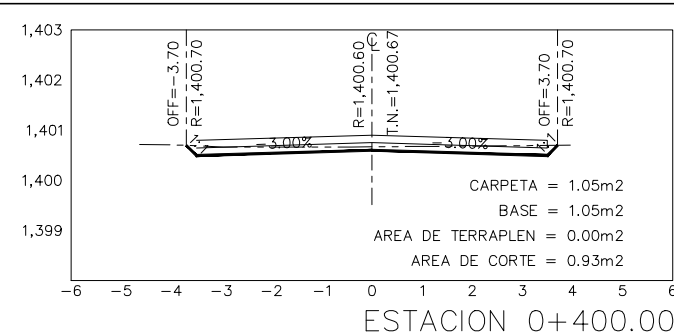
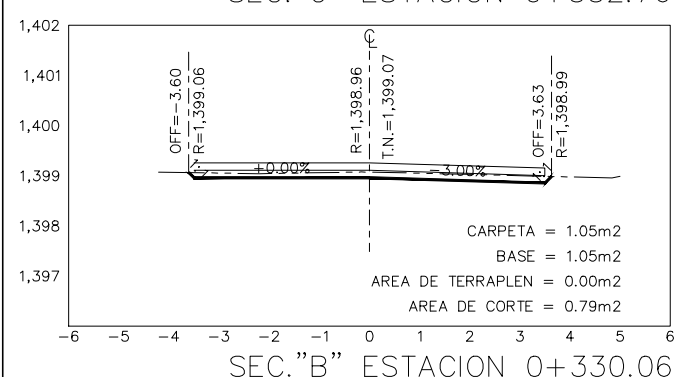
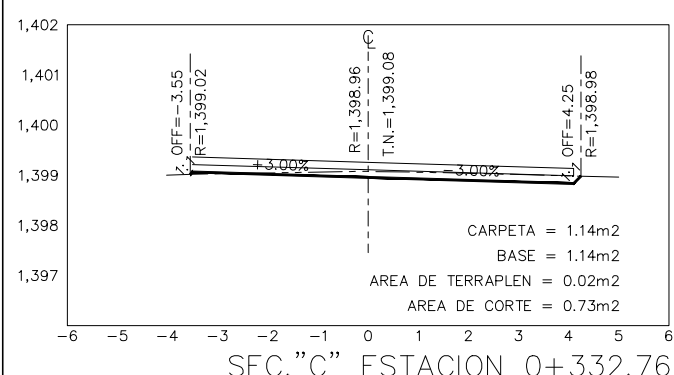
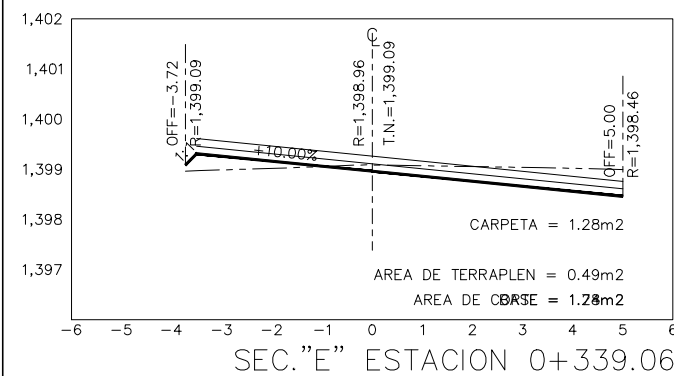
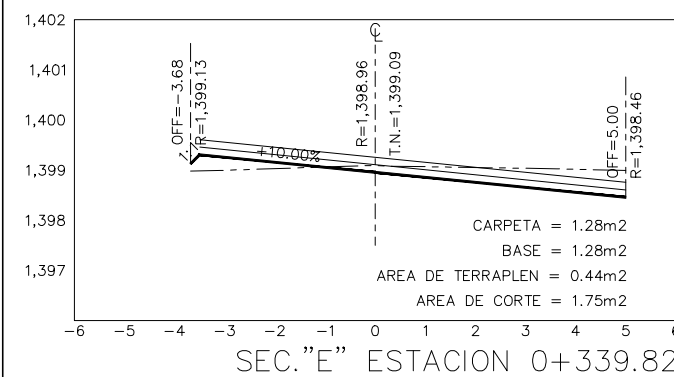
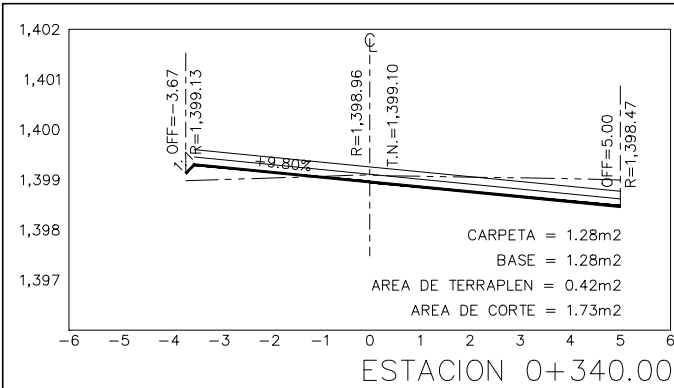
UBICACIÓN:
SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA:
SEPTIEMBRE 2020

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+264.74 A 0+327.36

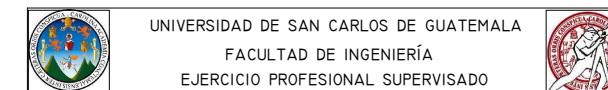
DIBUJÓ:
PEDRO QUEJ SORIA

CALCULÓ Y DISEÑÓ:
PEDRO QUEJ SORIA



SECCIONES

0+330.06 A 0+442.86 ESCALA: 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS
PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA:
INDICADA

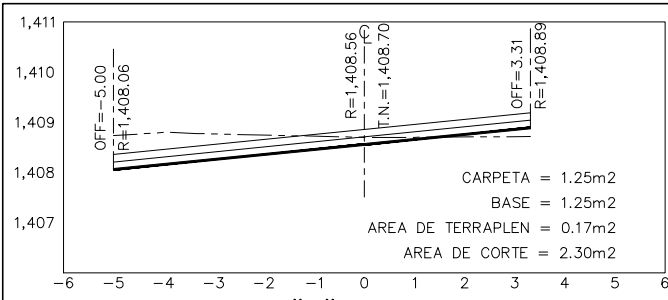
UBICACIÓN:
SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA:
SEPTIEMBRE 2020

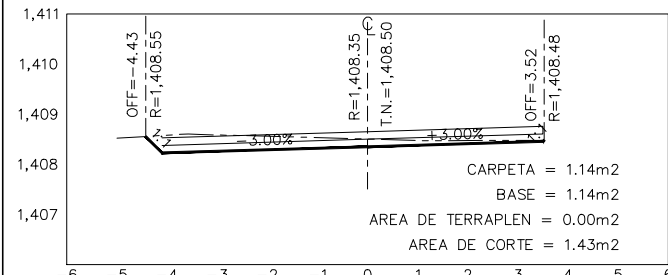
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+330.06 A 0+442.86

DIBUJÓ:
PEDRO QUEJ SORIA

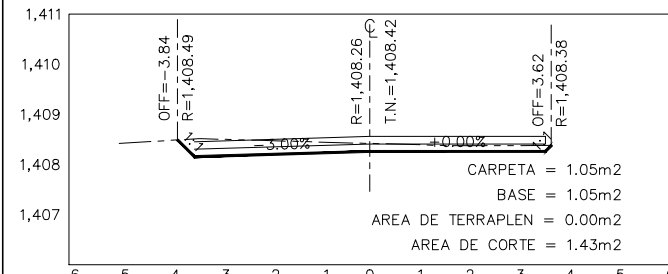
CALCULÓ Y DISEÑÓ:
PEDRO QUEJ SORIA



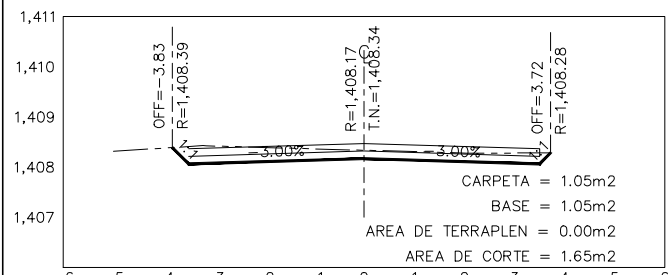
SEC. "E" ESTACION 0+488.23



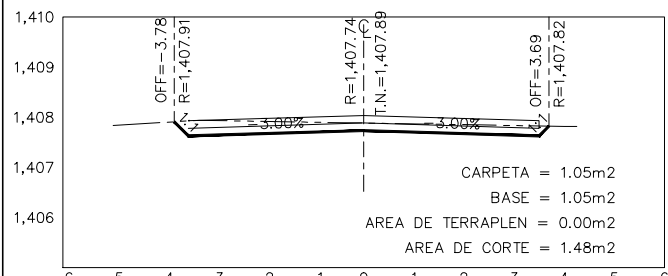
SEC. "C" ESTACION 0+486.13



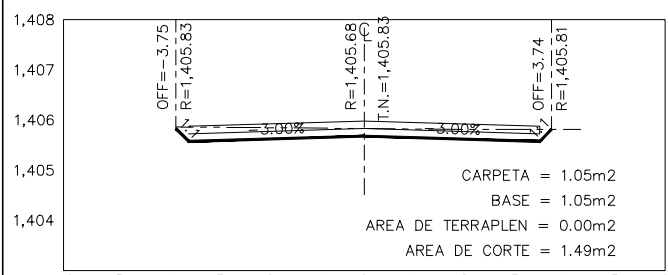
SEC. "B" ESTACION 0+485.23



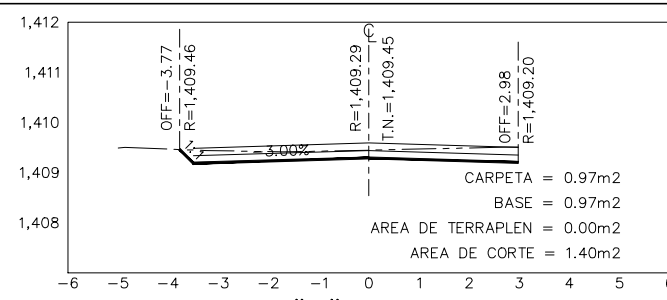
SEC. "A" ESTACION 0+484.33



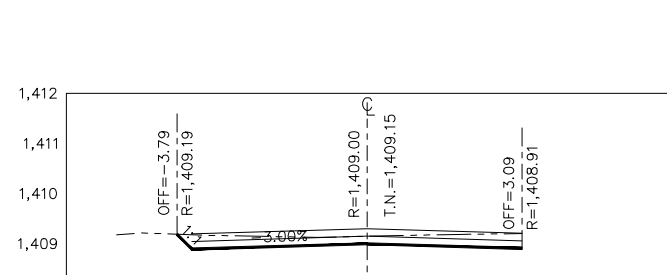
ESTACION 0+480.00



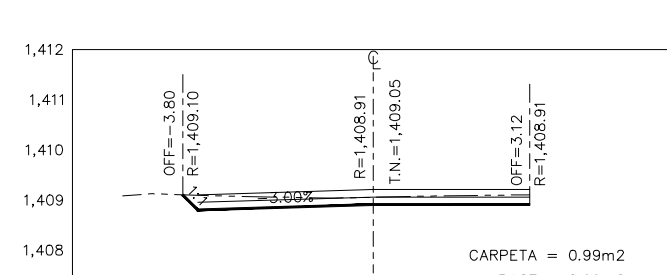
ESTACION 0+460.00



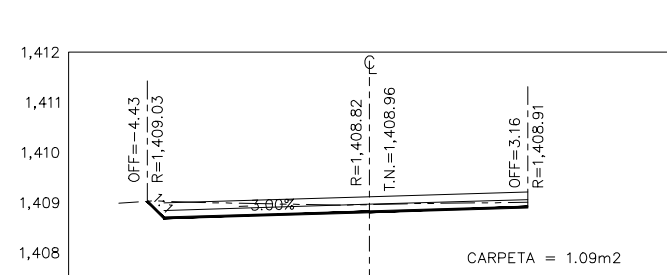
SEC. "A" ESTACION 0+495.52



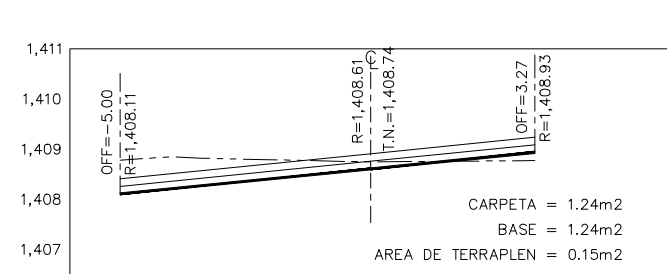
SEC. "A" ESTACION 0+492.60



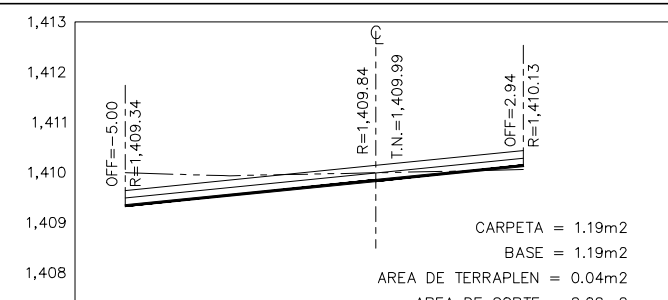
SEC. "B" ESTACION 0+491.70



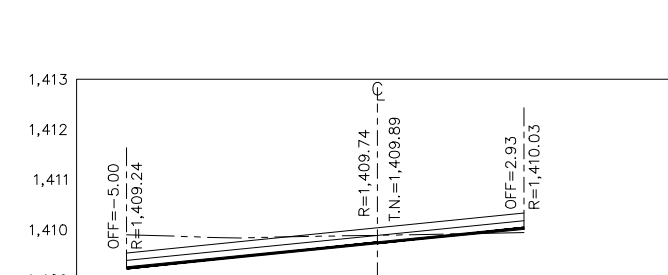
SEC. "C" ESTACION 0+490.80



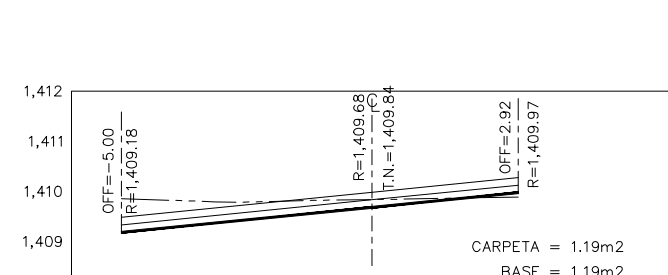
SEC. "E" ESTACION 0+488.70



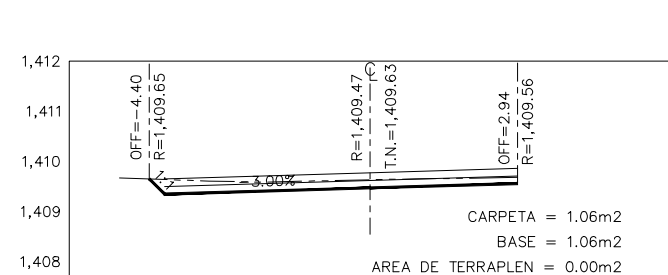
SEC. "E" ESTACION 0+501.04



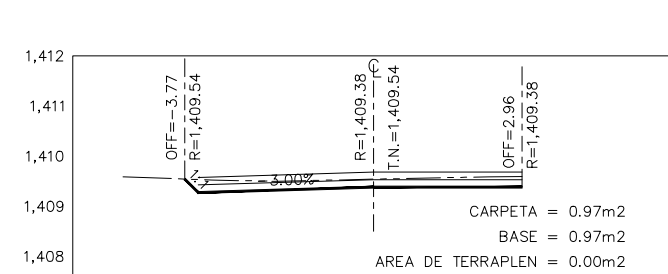
ESTACION 0+500.00



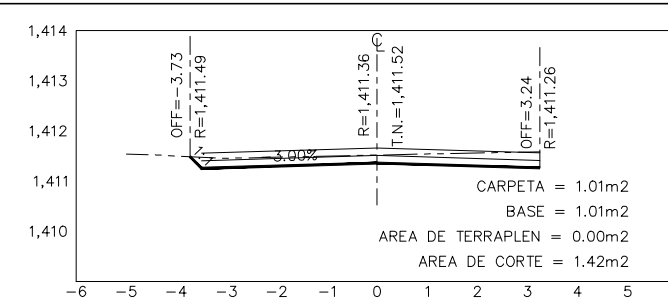
SEC. "E" ESTACION 0+499.42



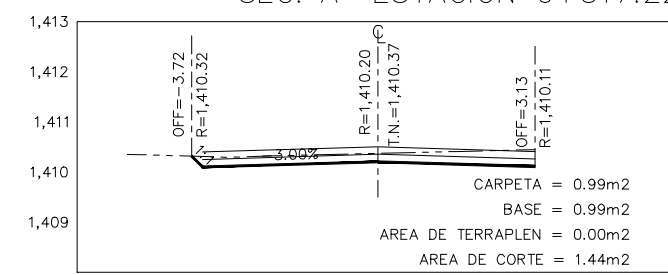
SEC. "C" ESTACION 0+497.32



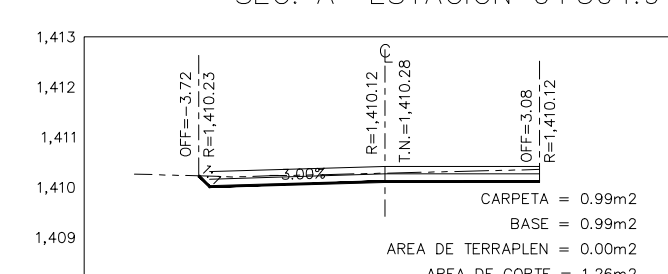
SEC. "B" ESTACION 0+496.42



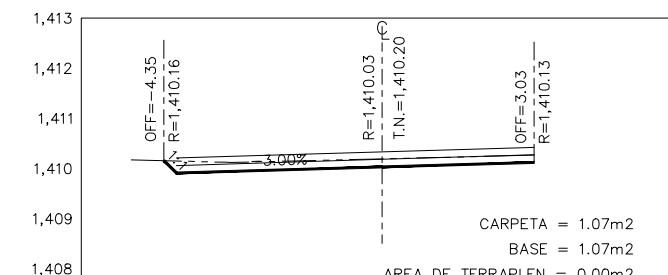
SEC. "A" ESTACION 0+517.22



SEC. "A" ESTACION 0+504.94



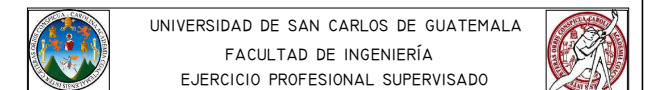
SEC. "B" ESTACION 0+504.04



SEC. "C" ESTACION 0+503.14

SECCIONES

0+460.00 A 0+517.22 ESCALA: 1:100



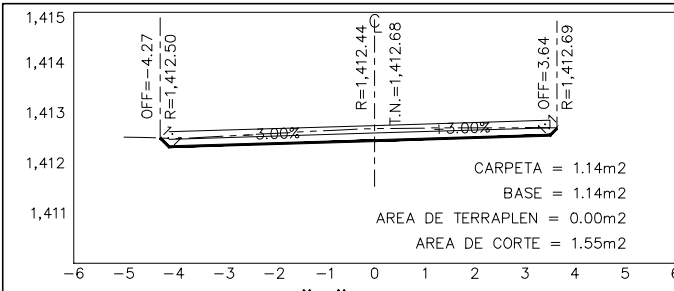
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

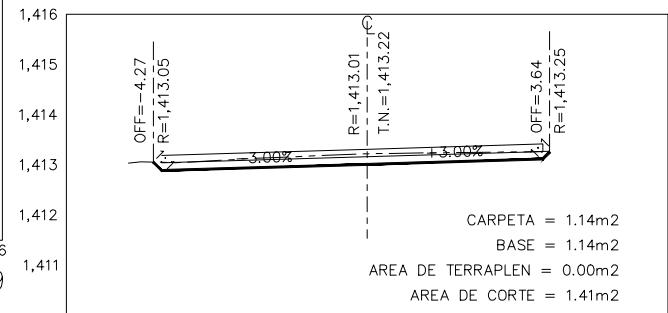
ESCALA: INDICADA UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2020 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 0+460.00 A 0+517.22

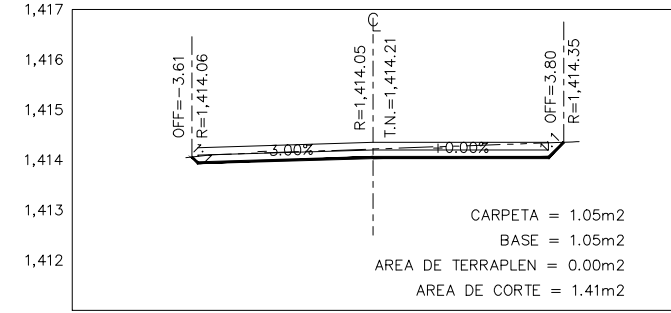
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA



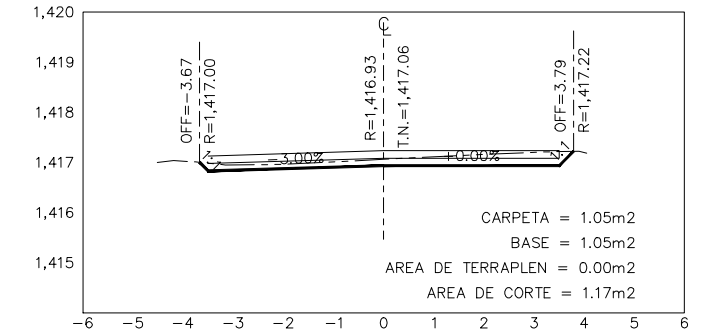
SEC. "C" ESTACION 0+527.99



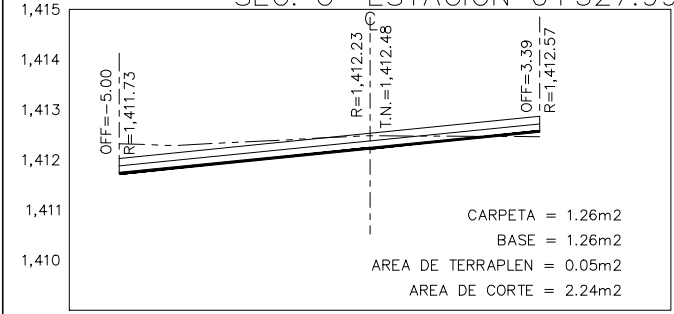
SEC. "C" ESTACION 0+533.49



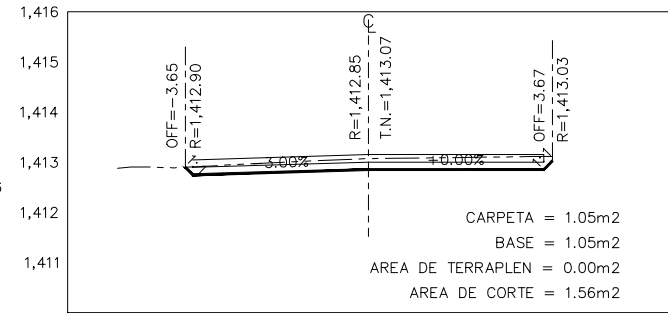
SEC. "B" ESTACION 0+543.61



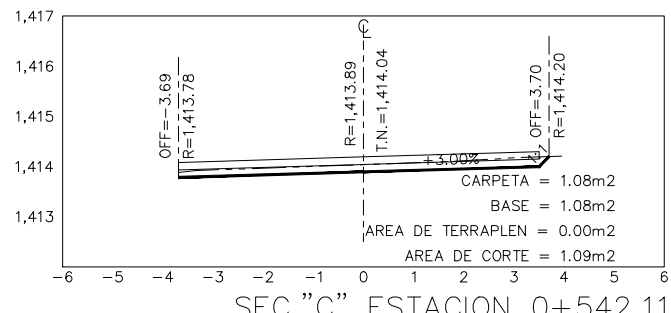
SEC. "B" ESTACION 0+571.03



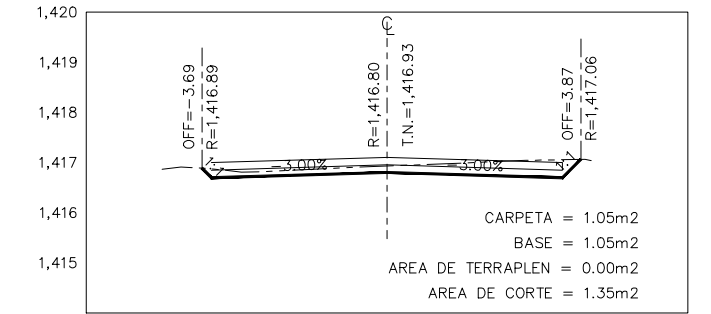
SEC. "E" ESTACION 0+525.89



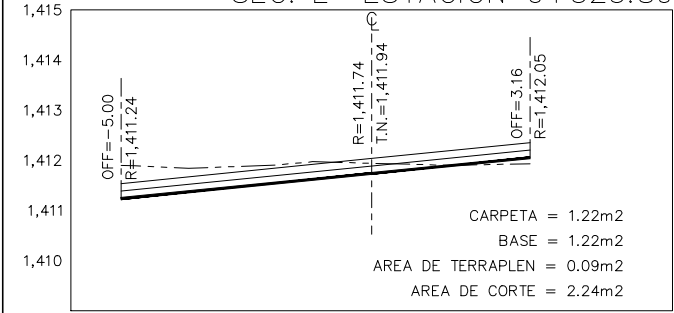
SEC. "B" ESTACION 0+531.99



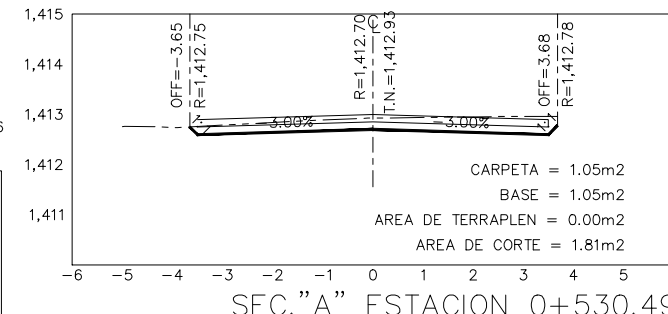
SEC. "C" ESTACION 0+542.11



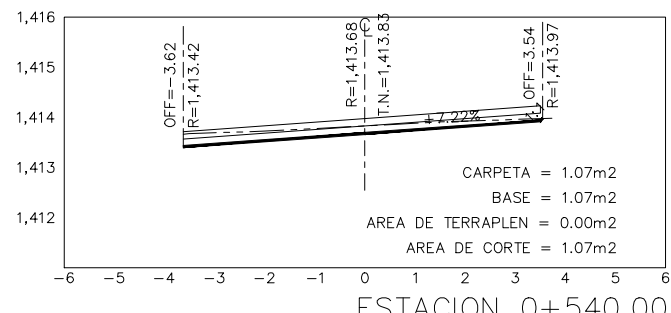
SEC. "A" ESTACION 0+569.83



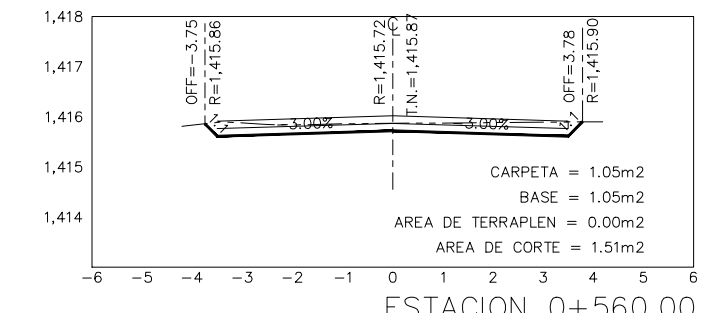
SEC. "E" ESTACION 0+521.12



SEC. "A" ESTACION 0+530.49



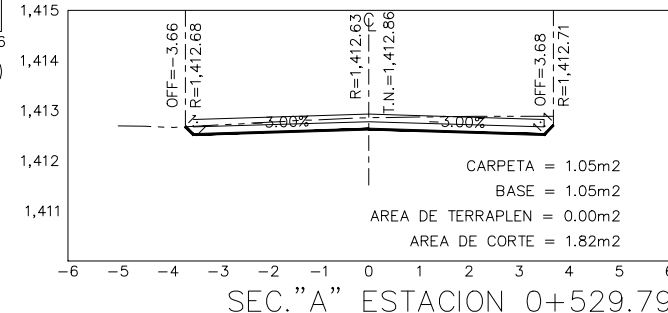
ESTACION 0+540.00



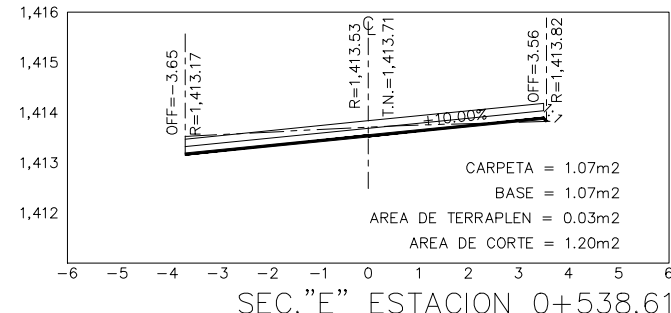
ESTACION 0+560.00



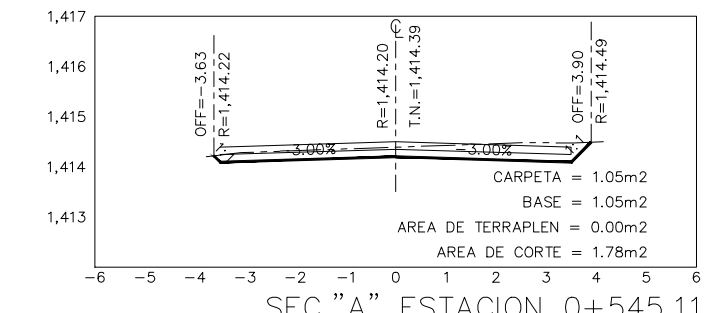
ESTACION 0+520.00



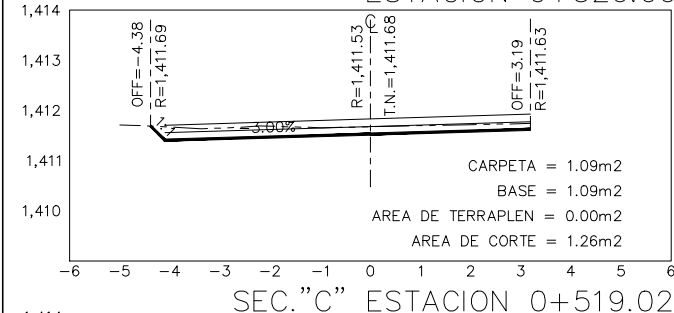
SEC. "A" ESTACION 0+529.79



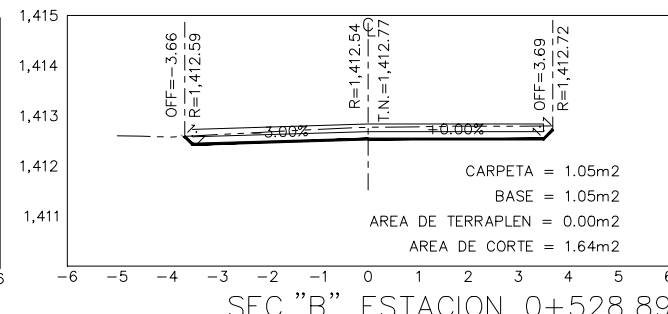
SEC. "E" ESTACION 0+538.61



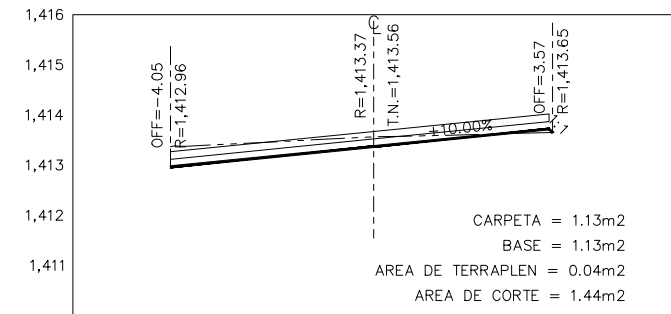
SEC. "A" ESTACION 0+545.11



SEC. "C" ESTACION 0+519.02



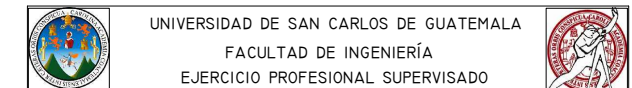
SEC. "B" ESTACION 0+528.89



SEC. "E" ESTACION 0+536.99

SECCIONES

0+518.12 A 0+571.03 ESCALA: 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS
PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA:
INDICADA

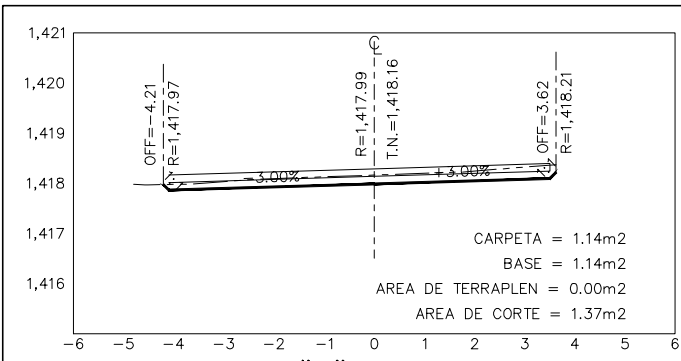
UBICACIÓN:
SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA:
SEPTIEMBRE 2020

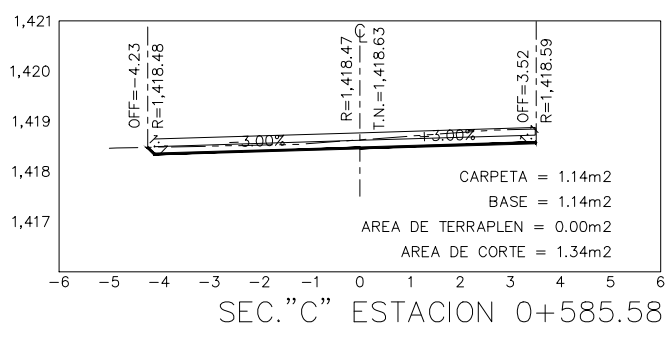
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES
0+218.12 A 0+571.03

DIBUJÓ:
PEDRO QUEJ SORIA

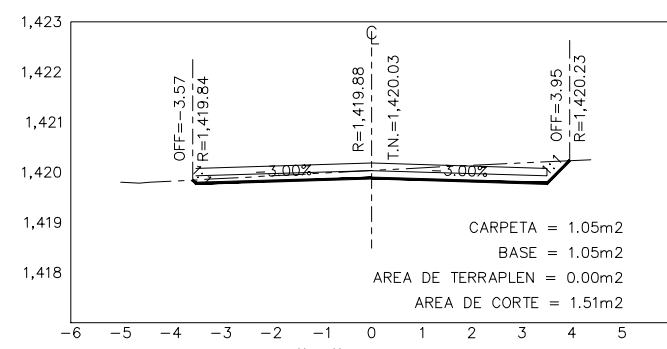
CALCULÓ Y DISEÑÓ:
PEDRO QUEJ SORIA



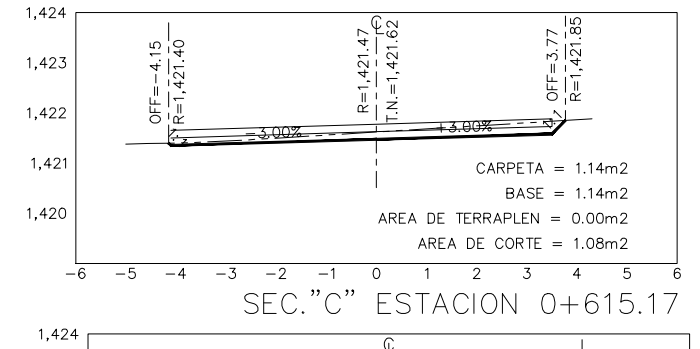
SEC."C" ESTACION 0+580.68



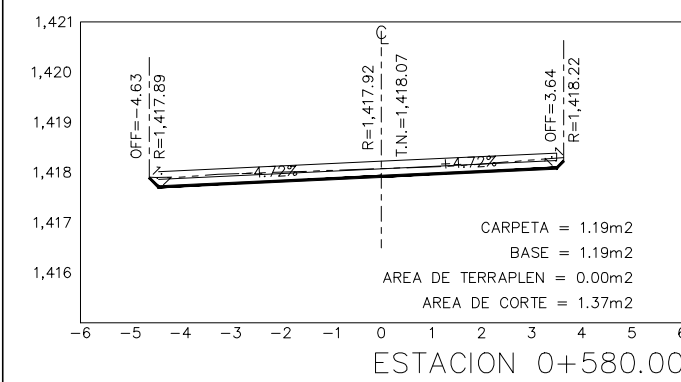
SEC."C" ESTACION 0+585.58



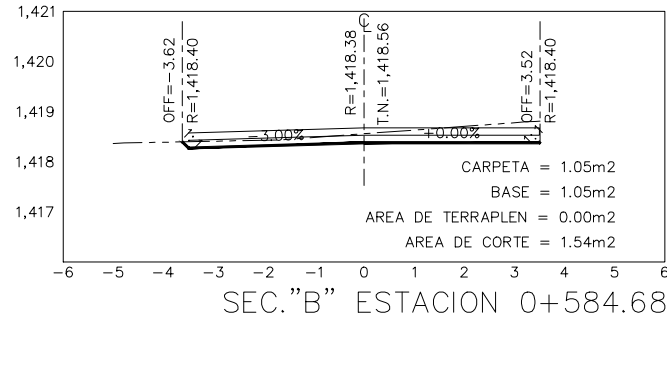
SEC."A" ESTACION 0+599.95



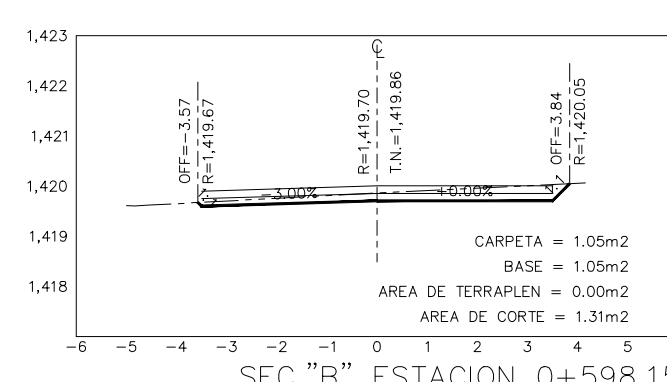
SEC."C" ESTACION 0+615.17



ESTACION 0+580.00



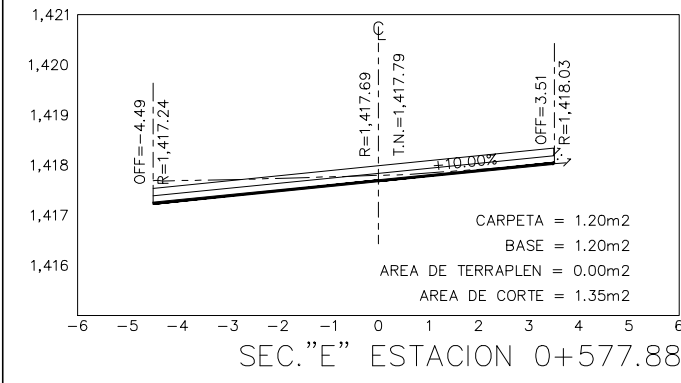
SEC."B" ESTACION 0+584.68



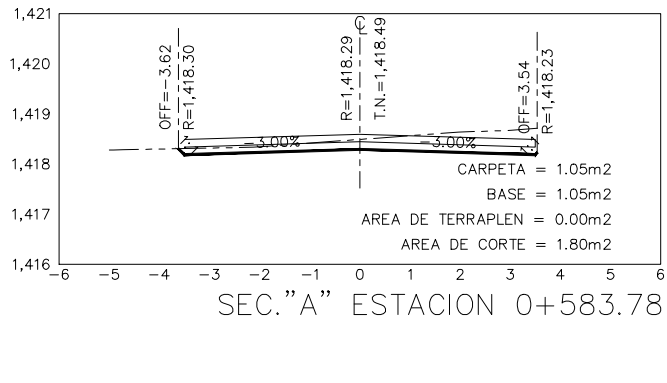
SEC."B" ESTACION 0+598.15



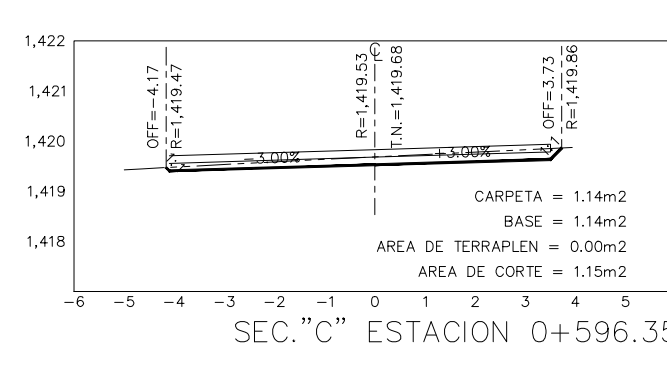
SEC."B" ESTACION 0+611.87



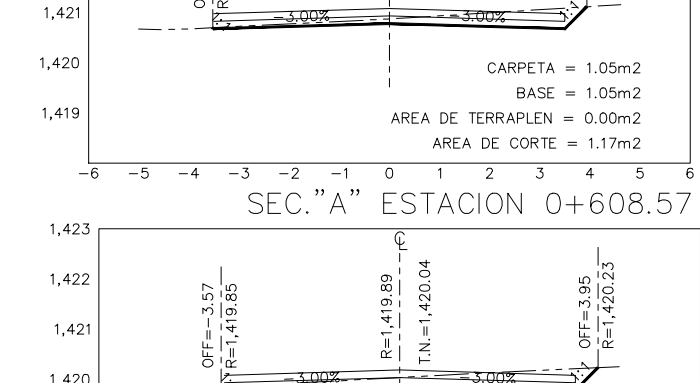
SEC."E" ESTACION 0+577.88



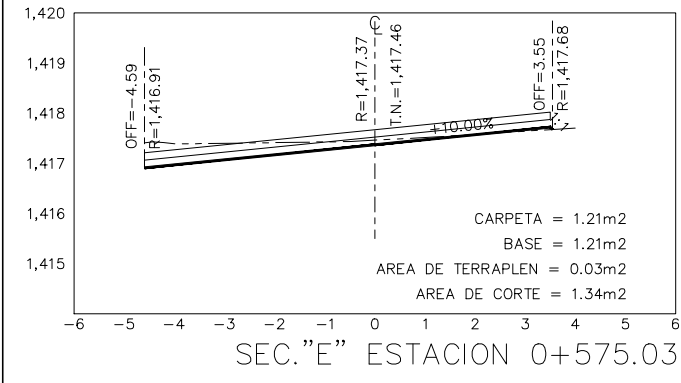
SEC."A" ESTACION 0+583.78



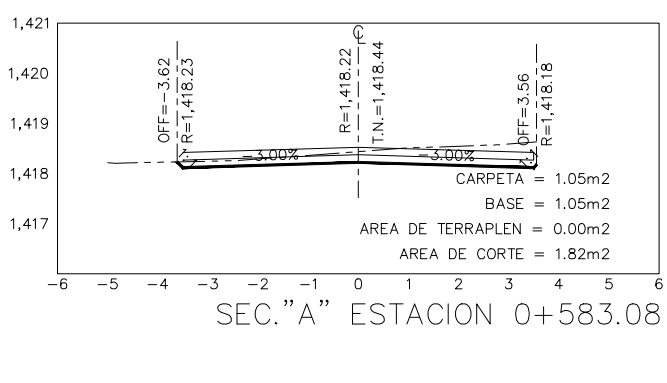
SEC."C" ESTACION 0+596.35



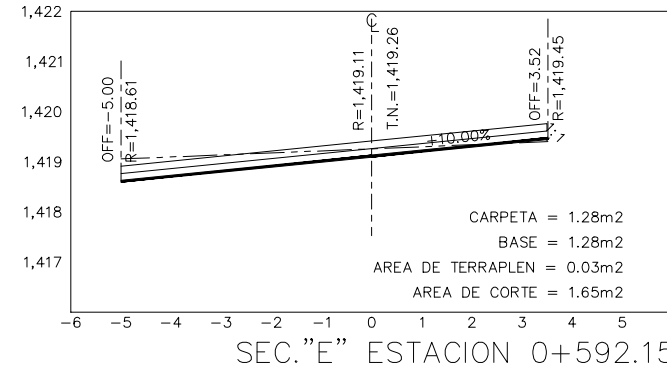
SEC."A" ESTACION 0+608.57



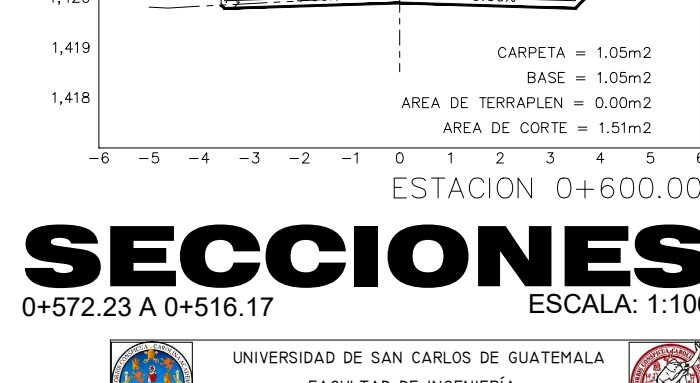
SEC."E" ESTACION 0+575.03



SEC."A" ESTACION 0+583.08



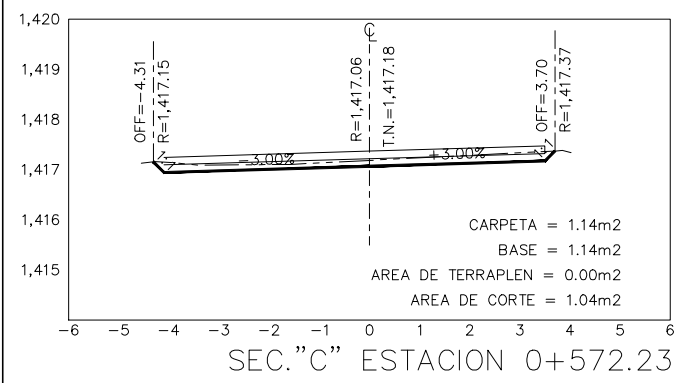
SEC."E" ESTACION 0+592.15



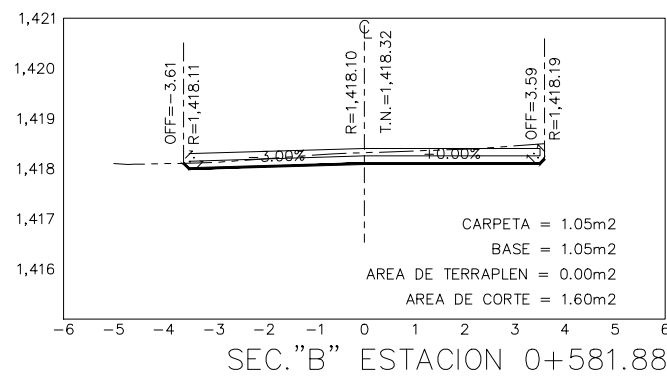
ESTACION 0+600.00

SECCIONES

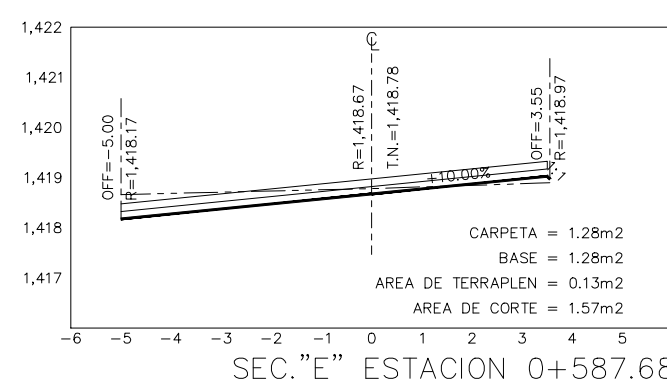
0+572.23 A 0+516.17
 ESCALA: 1:100



SEC."C" ESTACION 0+572.23

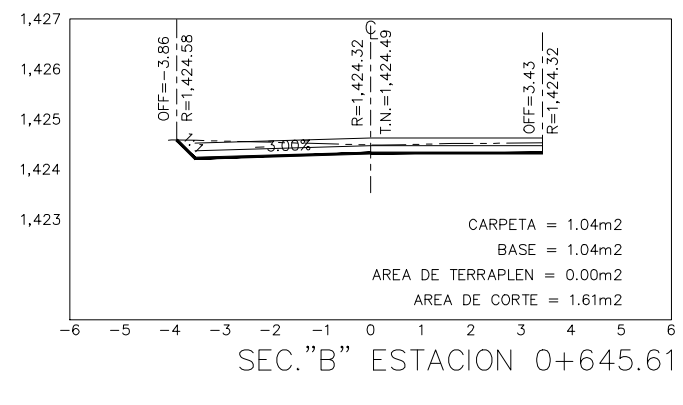
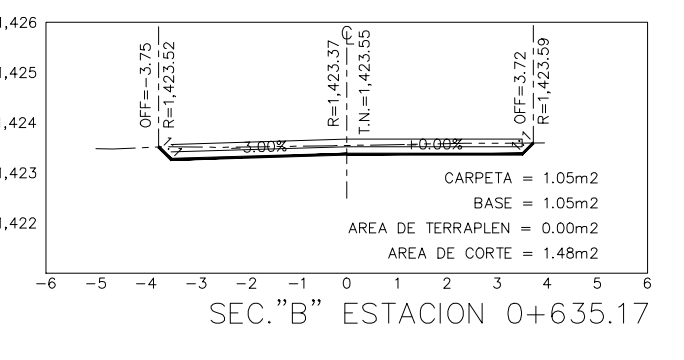
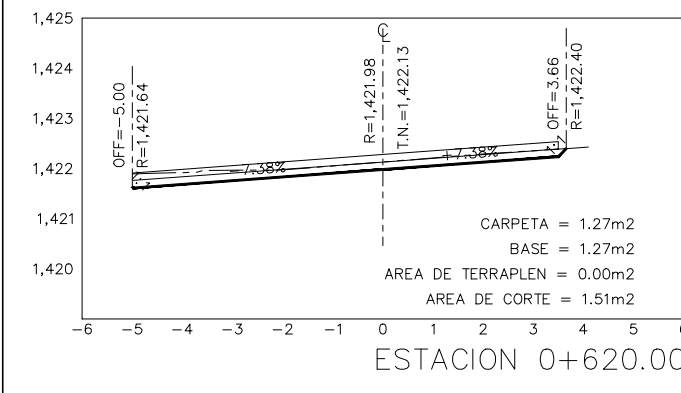
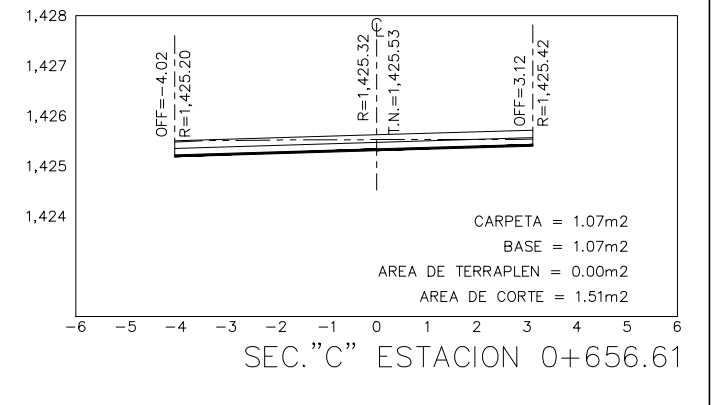
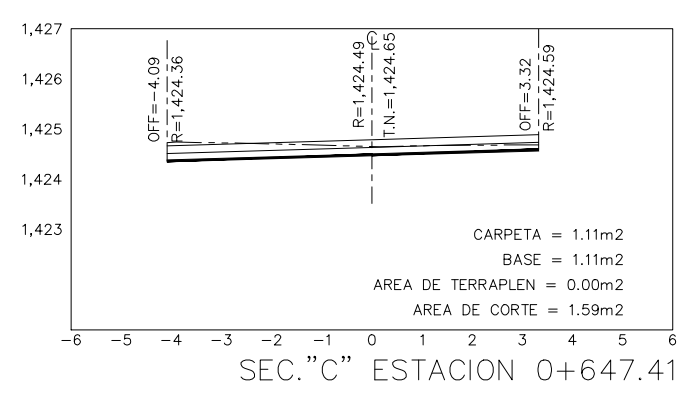
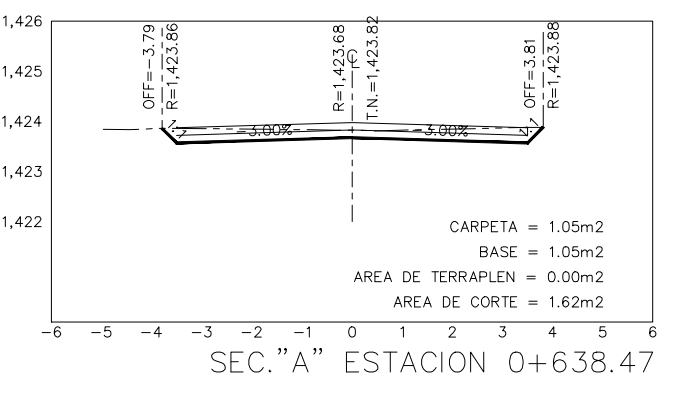
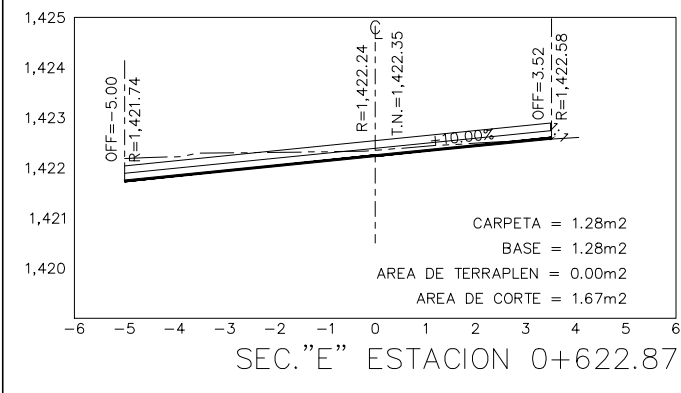
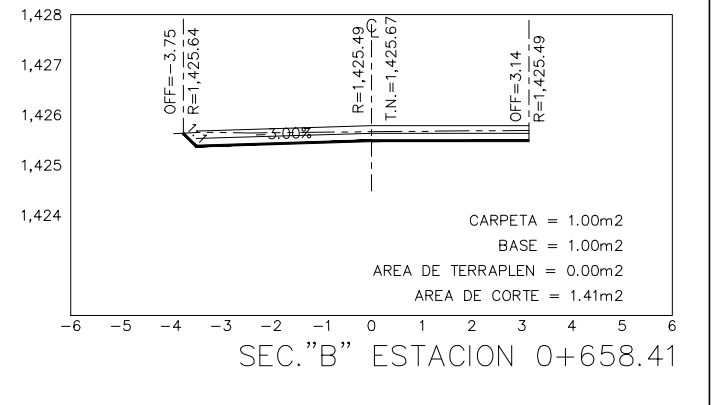
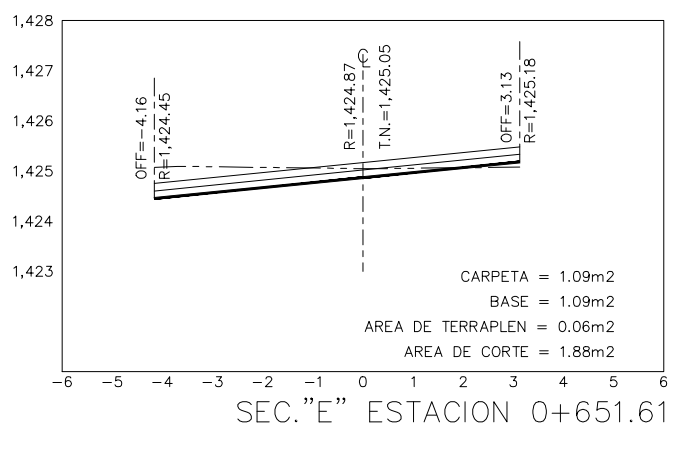
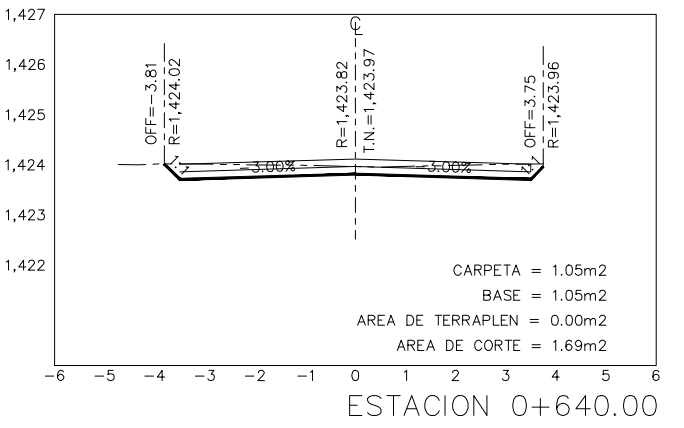
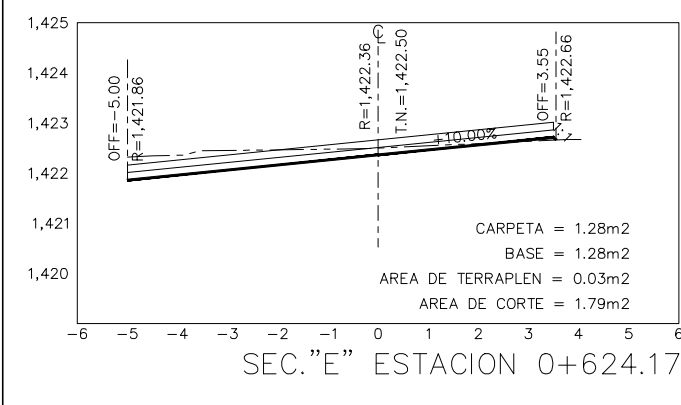
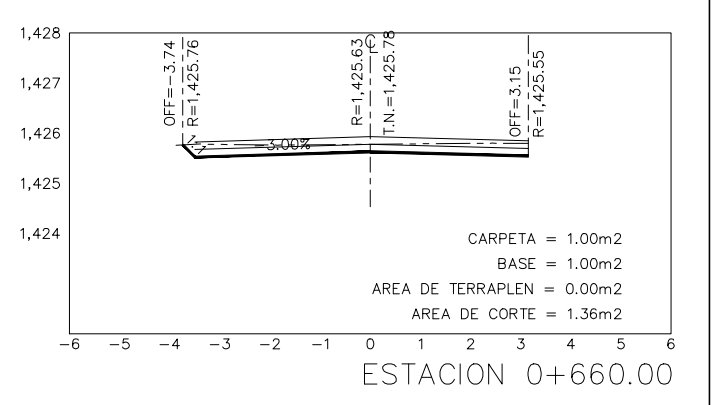
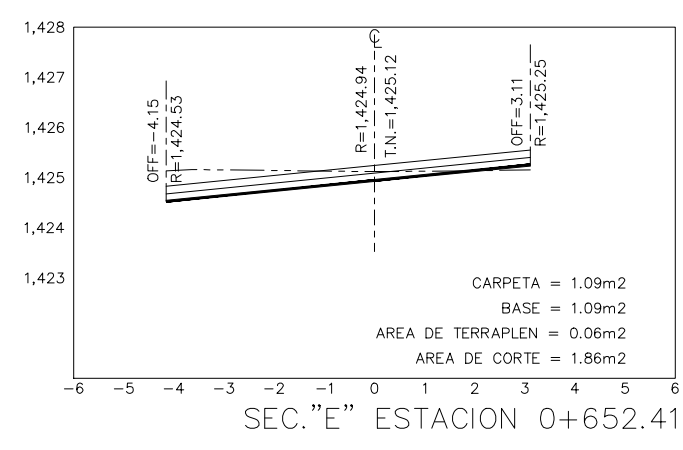
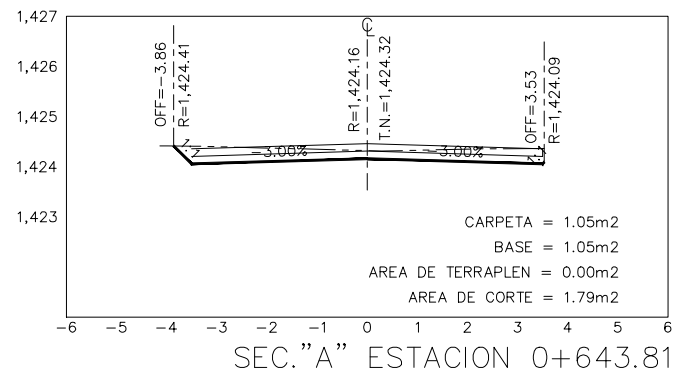
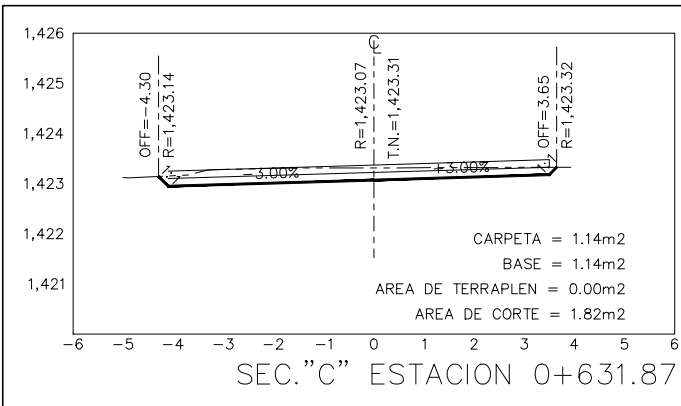


SEC."B" ESTACION 0+581.88



SEC."E" ESTACION 0+587.68

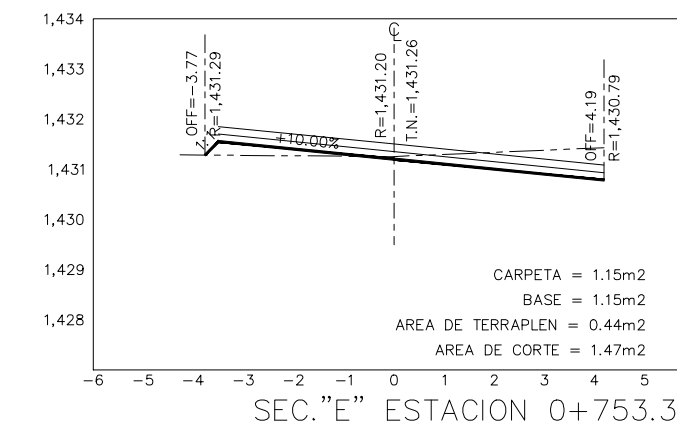
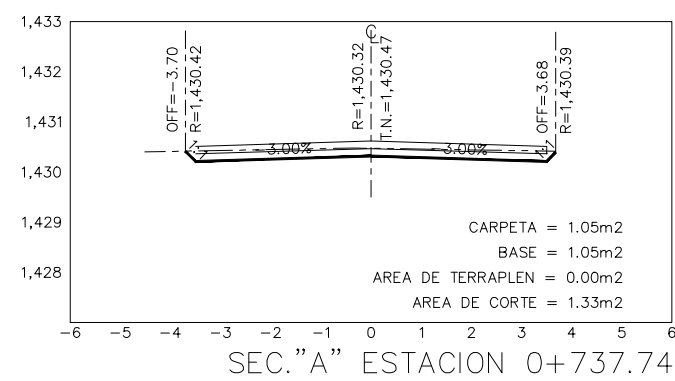
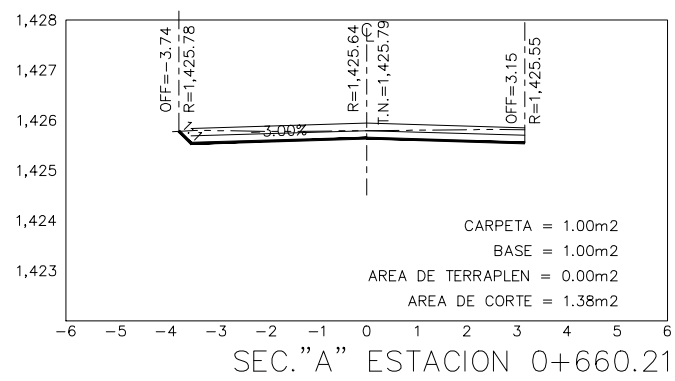
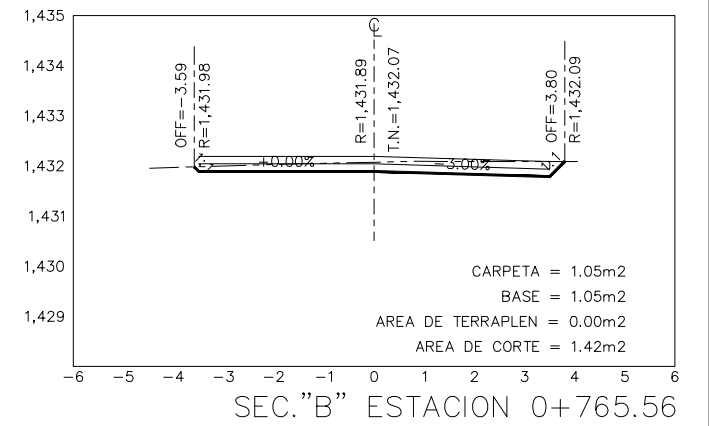
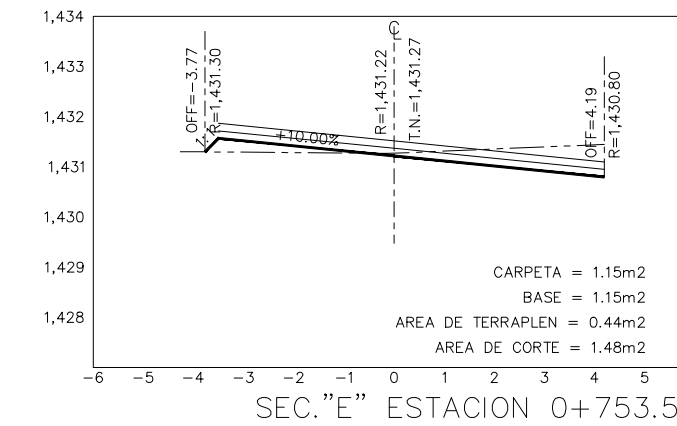
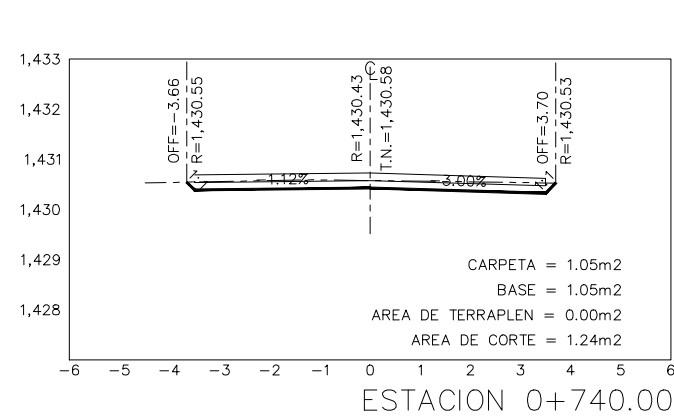
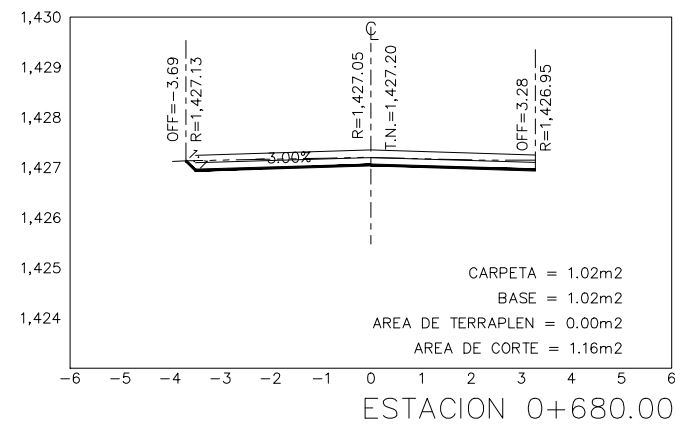
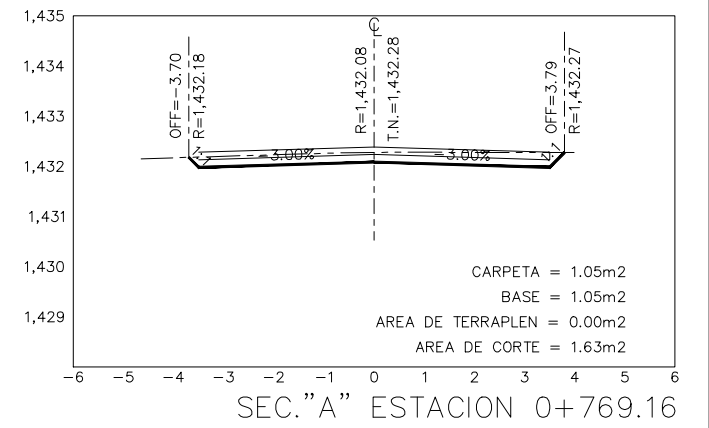
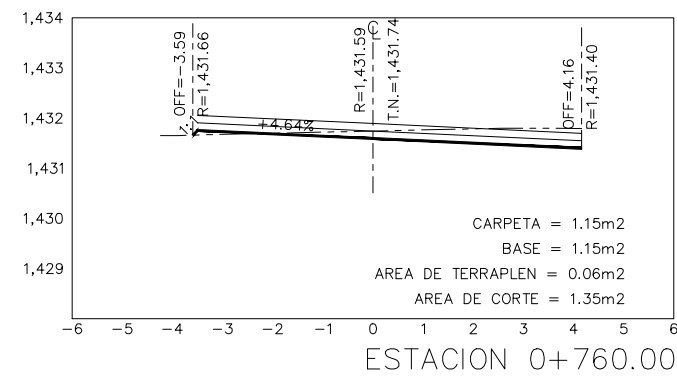
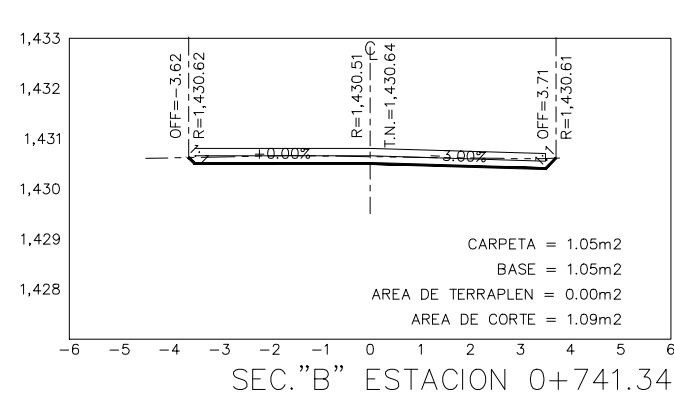
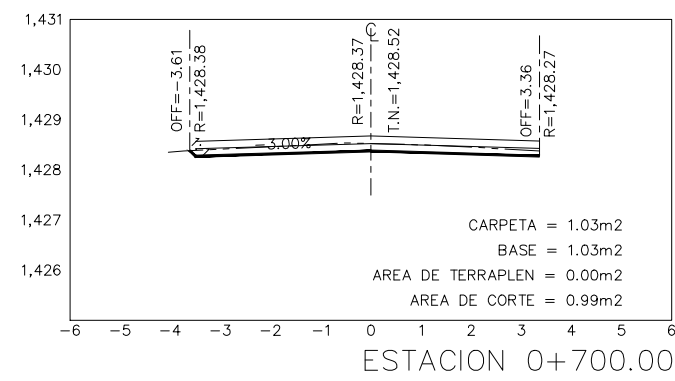
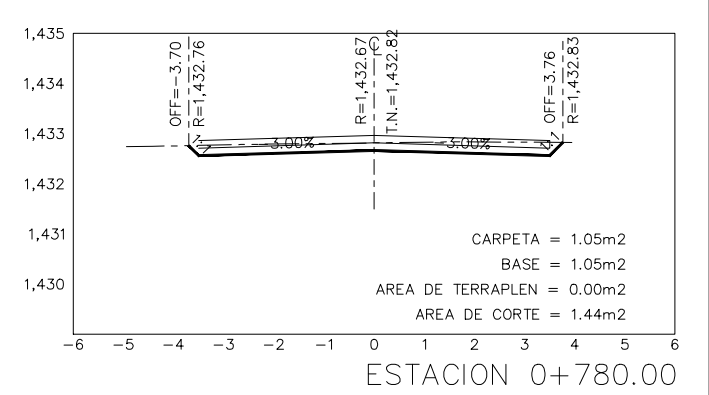
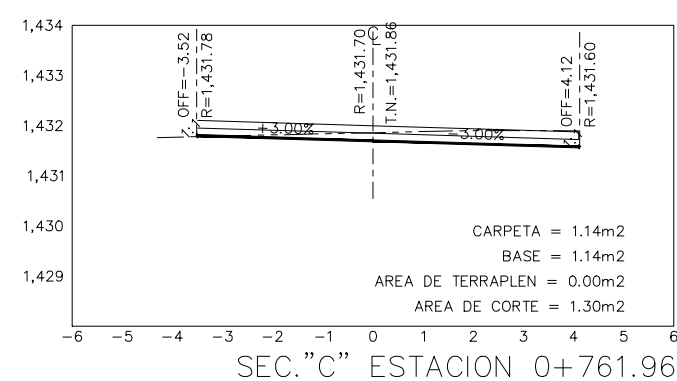
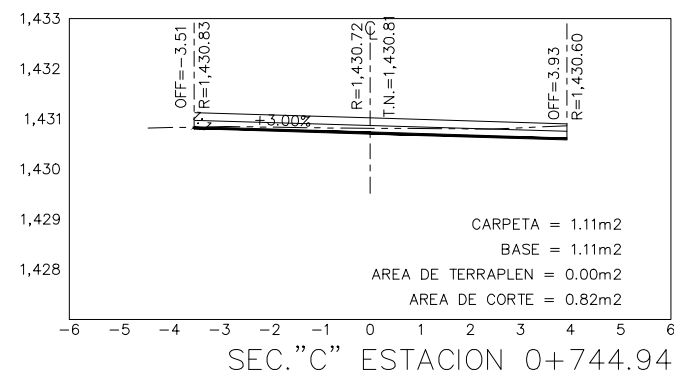
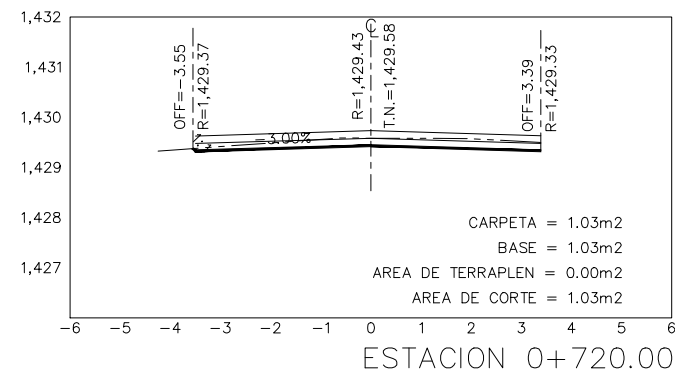
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: DISÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.</p>	
<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ</p>
<p>FECHA: SEPTIEMBRE 2020</p>	<p>CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 0+572.23 A 0+516.17</p>
<p>DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA</p>	<p>CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA</p>
<p>PLANO NO. 15 DE 21</p>	



SECCIONES

0+620.00 A 0+660.00 ESCALA: 1:100

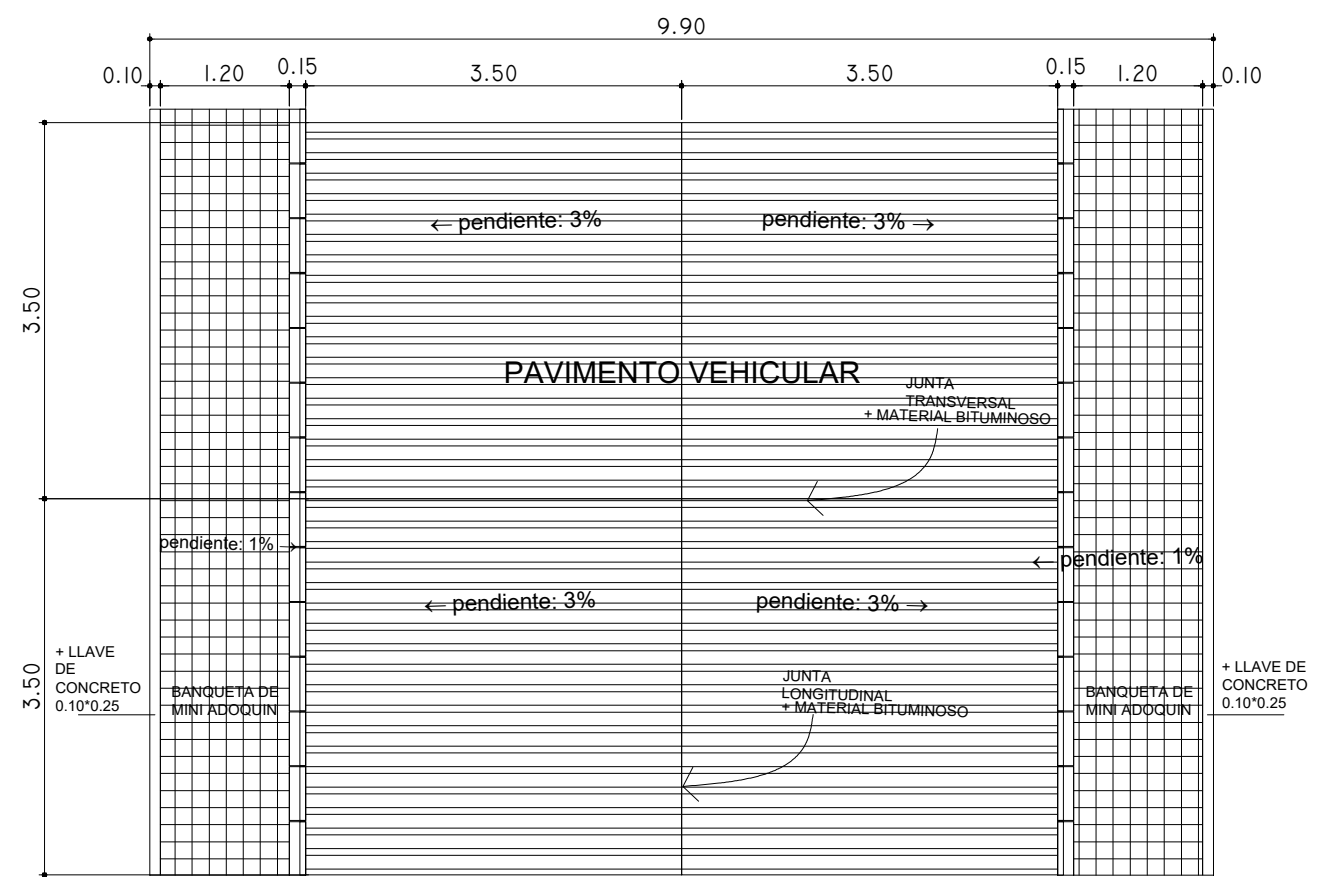
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>					
<p>PROYECTO: DISÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.</p>					
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 0+620.00 A 0+660.00				
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1"> <tr> <td>PLANO NO.</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; font-weight: bold;">16</td> </tr> <tr> <td>DE</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; font-weight: bold;">21</td> </tr> </table>	PLANO NO.	16	DE	21
PLANO NO.					
16					
DE					
21					
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA					



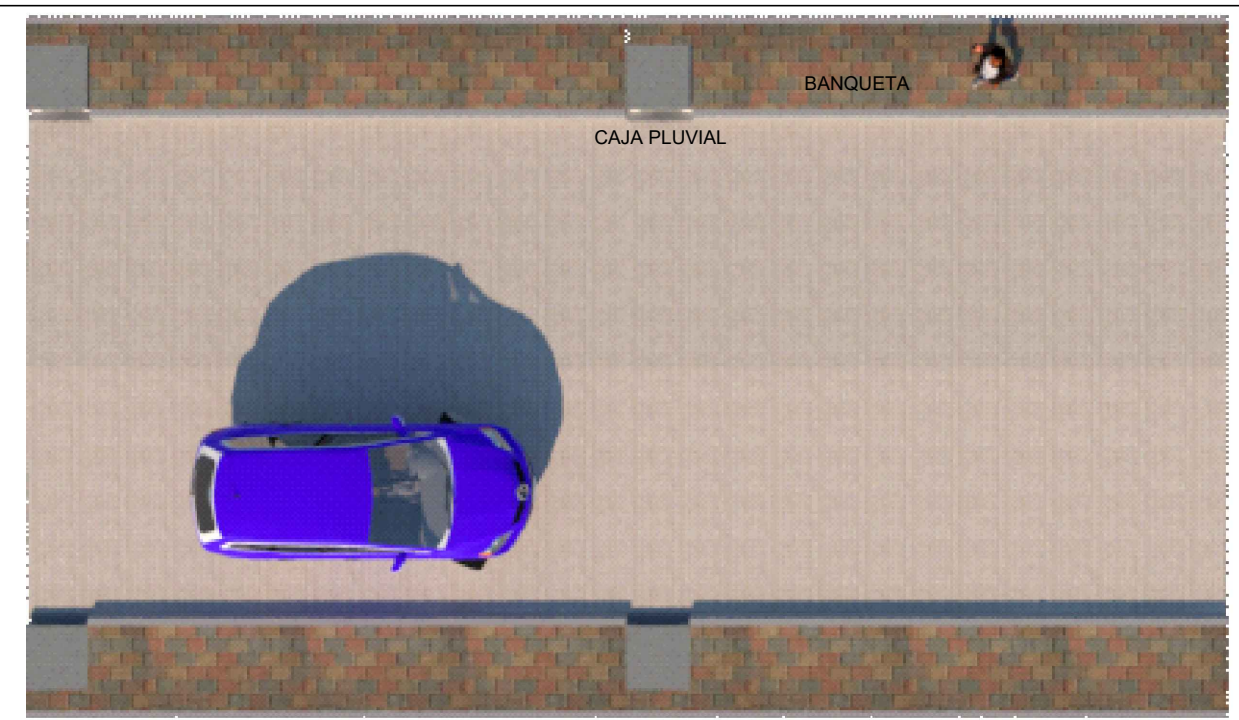
SECCIONES

0+660.21 A 0+780.00 ESCALA: 1:100

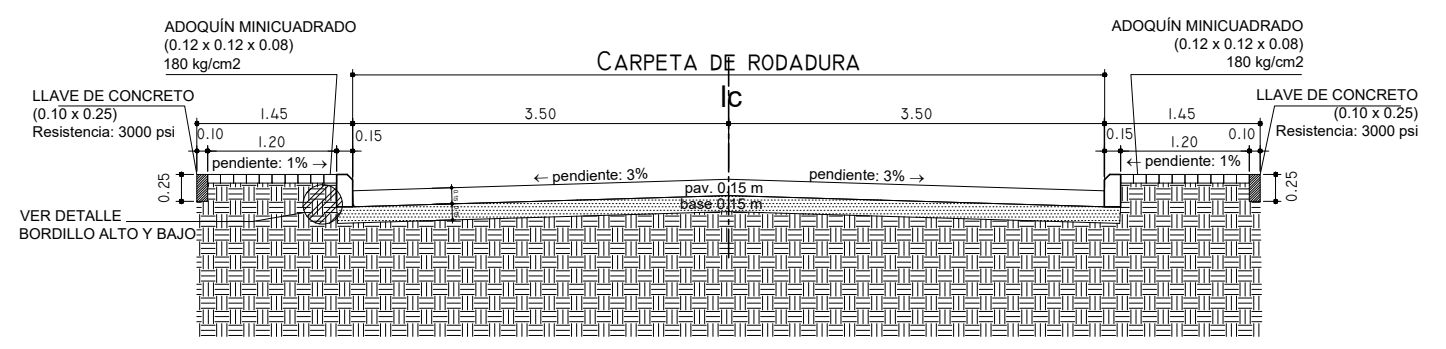
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.</p>	
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 0+660.21 A 0+780.00
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 17 DE 21
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	



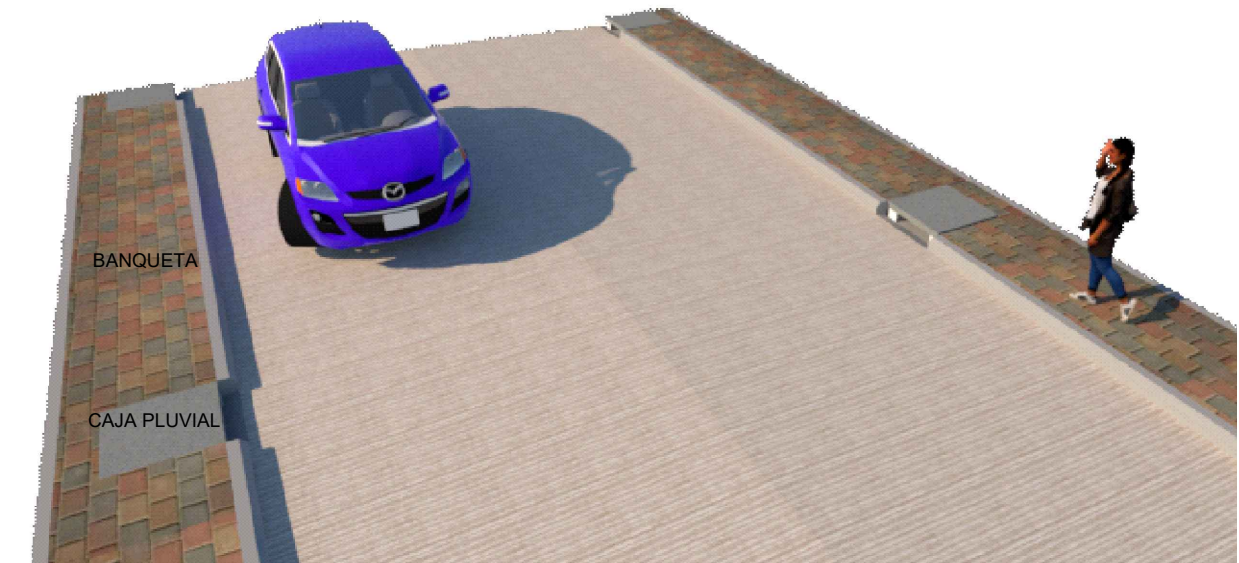
PLANTA DE PAVIMENTO VEHICULAR
RESISTENCIA DE CARPETA DE RODADURA 4000 PSI



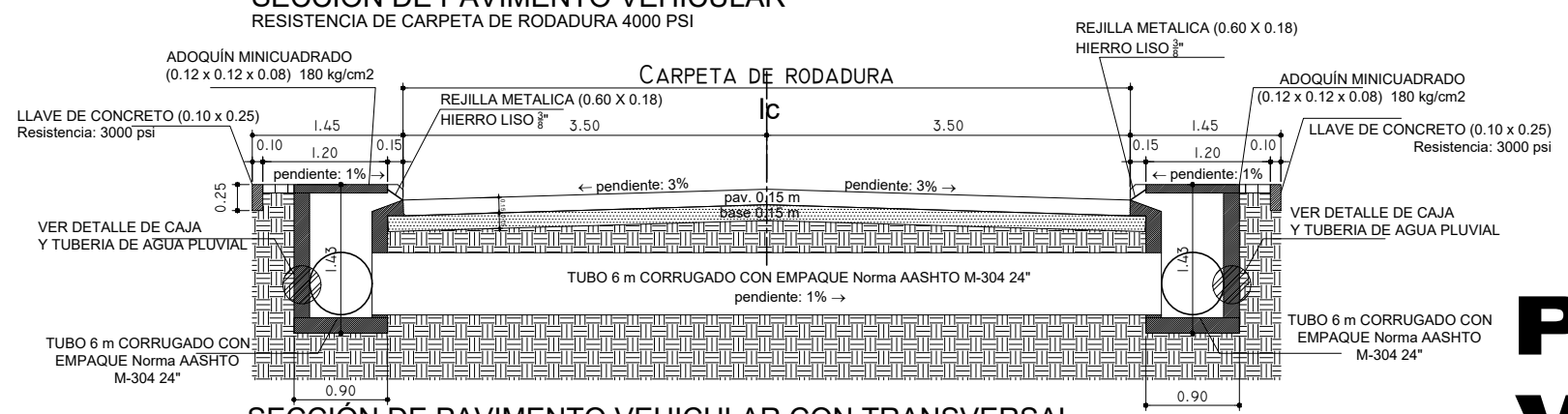
PLANTA DE PAVIMENTO VEHICULAR
RESISTENCIA DE CARPETA DE RODADURA 4000 PSI



SECCIÓN DE PAVIMENTO VEHICULAR
RESISTENCIA DE CARPETA DE RODADURA 4000 PSI



PERSPECTIVA PAVIMENTO VEHICULAR
RESISTENCIA DE CARPETA DE RODADURA 4000 PSI

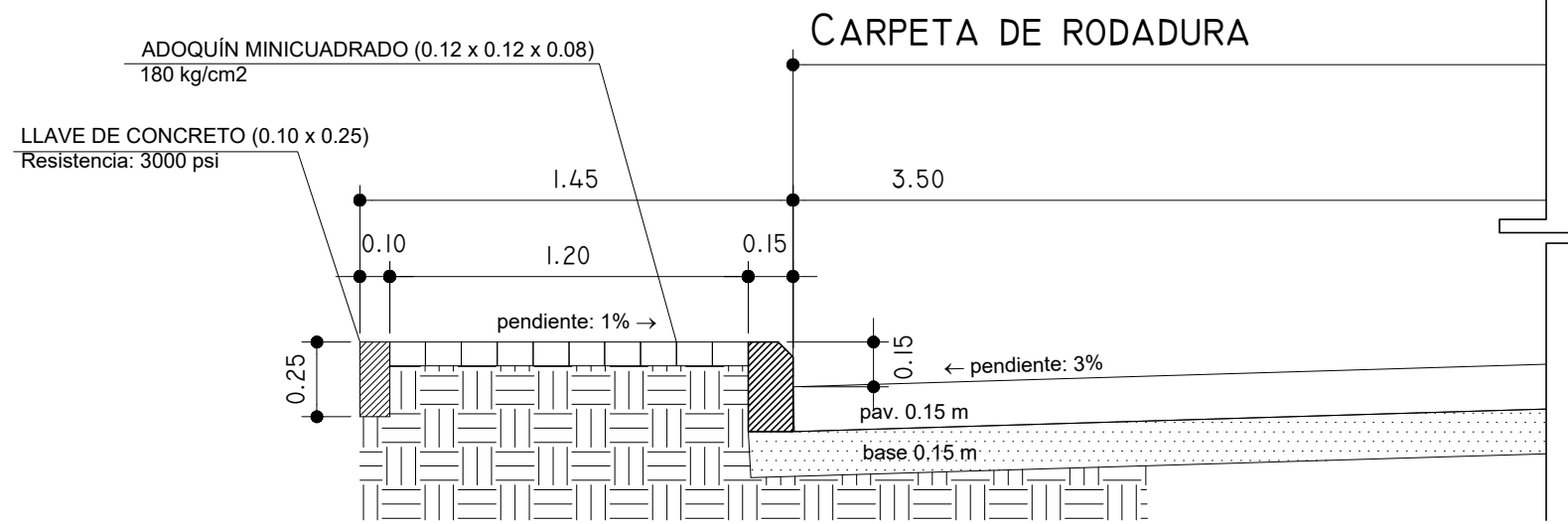


SECCIÓN DE PAVIMENTO VEHICULAR CON TRANSVERSAL
RESISTENCIA DE CARPETA DE RODADURA 4000 PSI

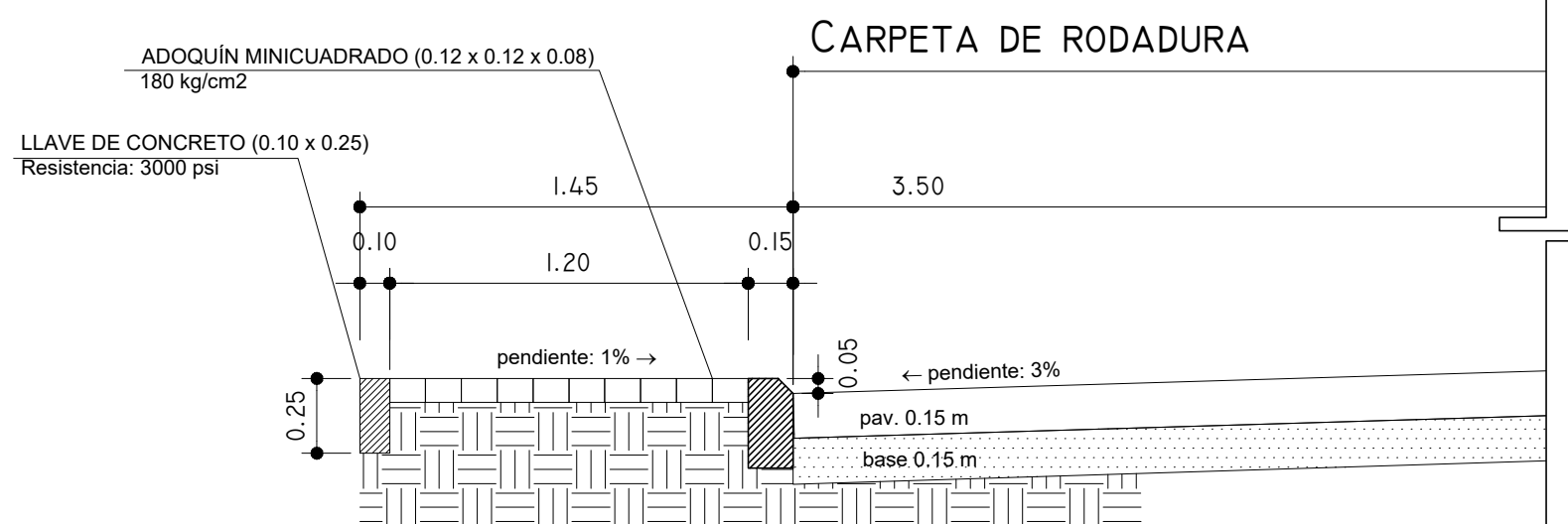
PAVIMENTO VEHICULAR

ESCALA: 1:700

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.</p>	
<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ</p>
<p>FECHA: SEPTIEMBRE 2020</p>	<p>CONTENIDO: PAVIMENTO VEHICULAR</p>
<p>DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA</p>	<p>CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA</p>
<p>PLANO NO. 18 DE 21</p>	



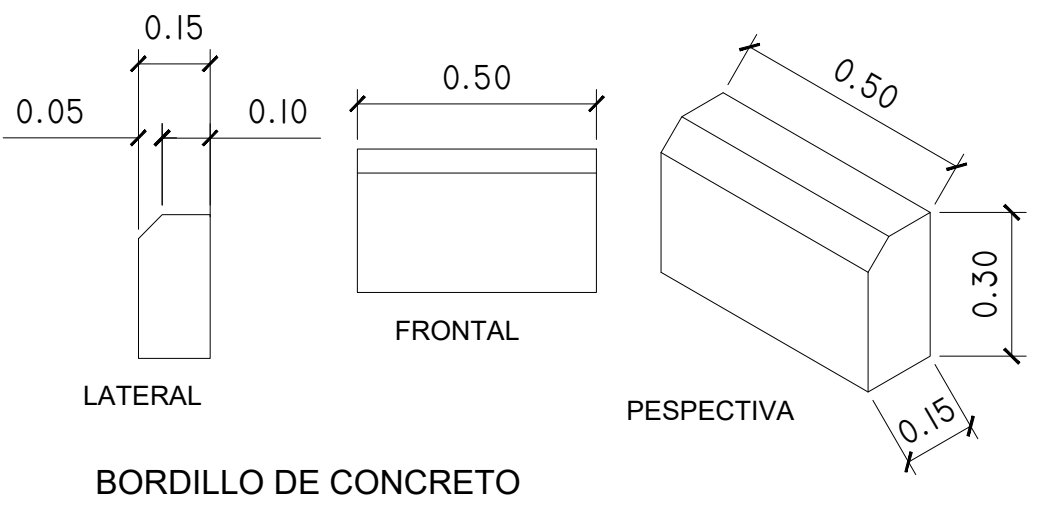
DETALLE DE BORDILLO ALTO
EN BANQUETA PEATONAL



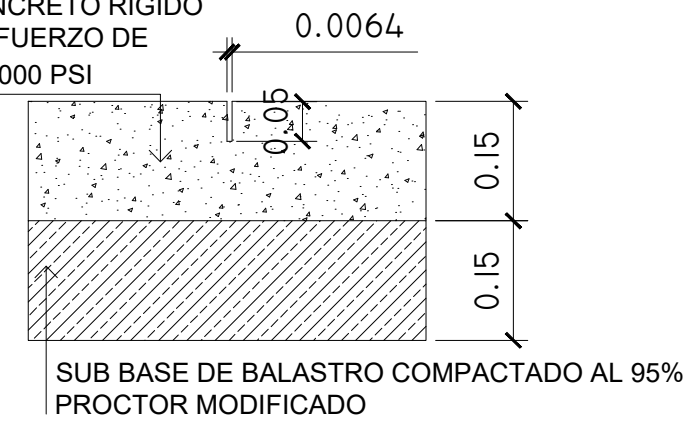
DETALLE DE BORDILLO BAJO
EN INGRESOS VEHICULARES A VIVIENDAS

DETALLES PAVIMENTO

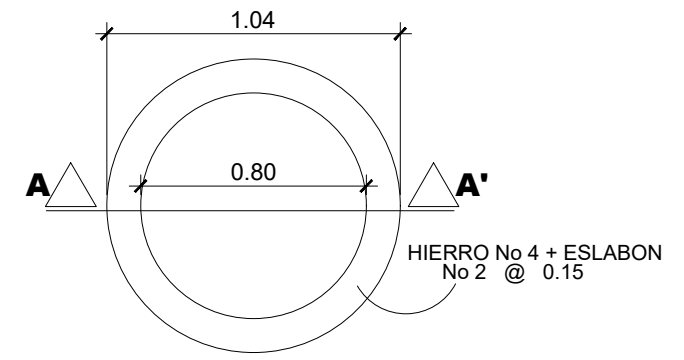
ESCALA: 1:250



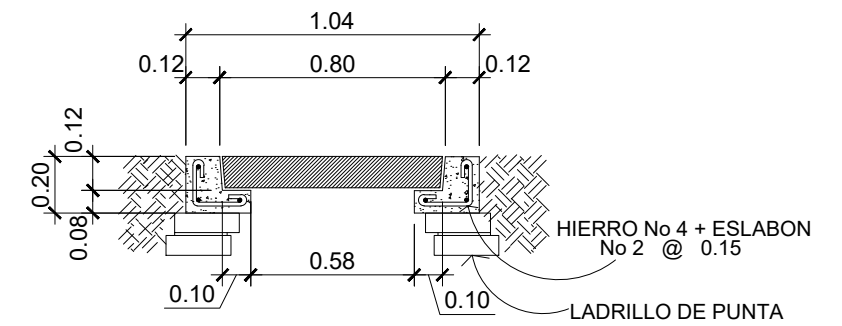
FUNDICIÓN DE CONCRETO RÍGIDO
RESISTENCIA A ESFUERZO DE
COMPRESIÓN DE 4000 PSI



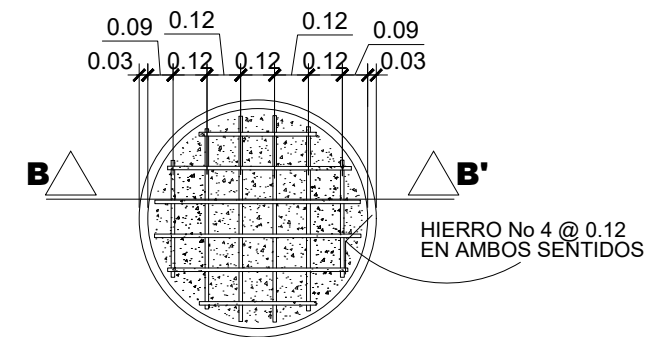
DETALLE DE JUNTA DE DILATACIÓN



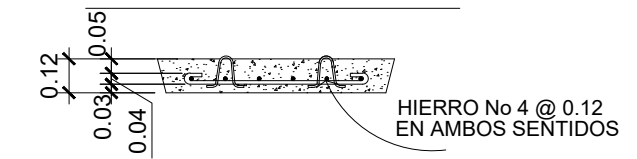
PLANTA DE BROCAL



SECCION A-A' DE BROCAL

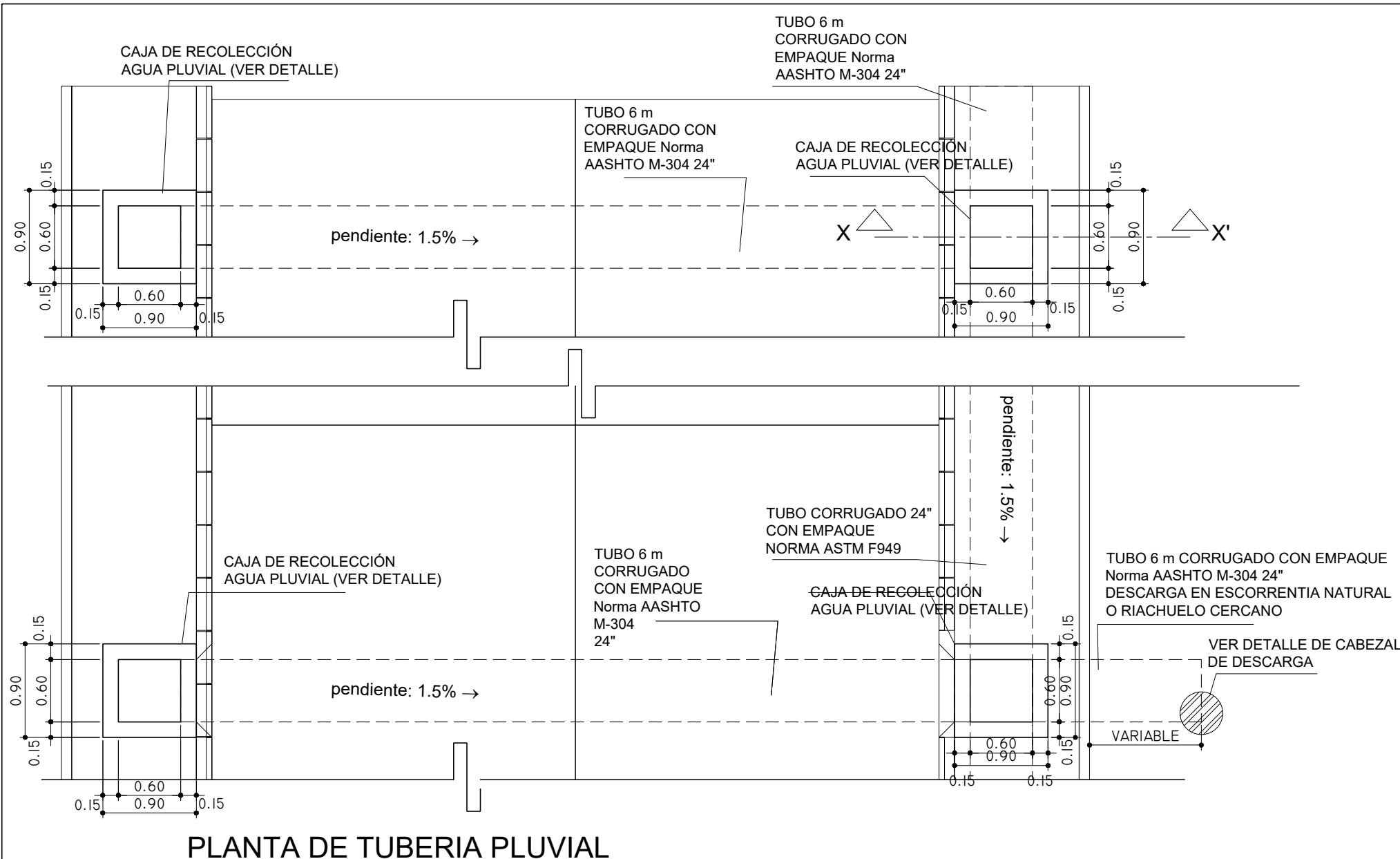


PLANTA TAPADERA



SECCION B-B' TAPADERA

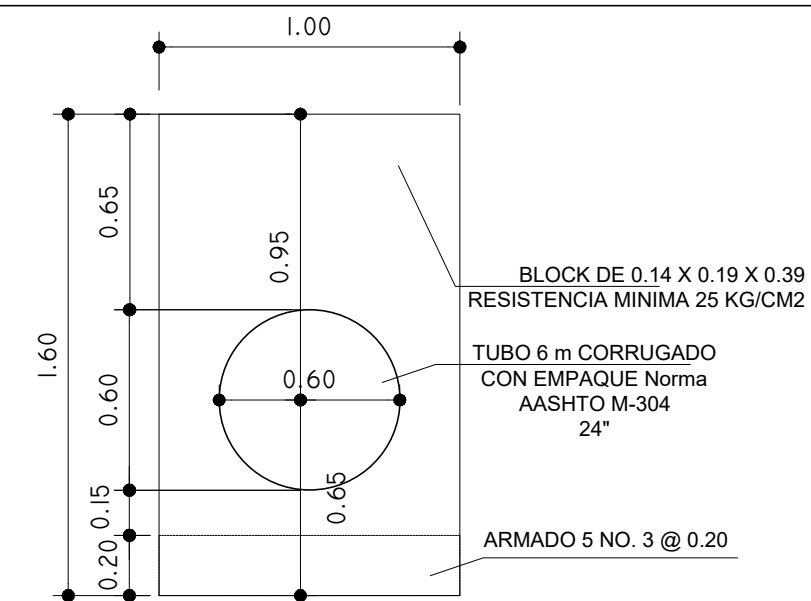
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.	
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: DETALLES DE PAVIMENTO
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 19 DE 21
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	



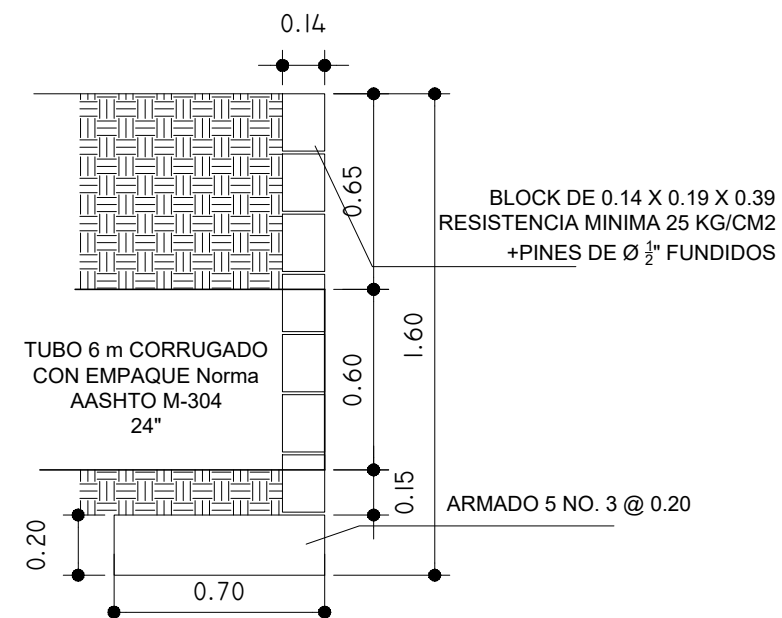
PLANTA DE TUBERIA PLUVIAL

DRENAJE TRANSVERSAL

ESCALA: 1:500



ELEVACION DE CABEZAL DE DESCARGA

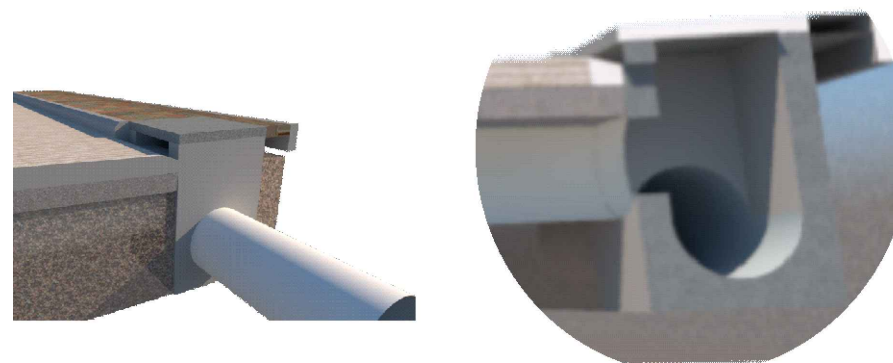


SECCIÓN DE CABEZAL DE DESCARGA

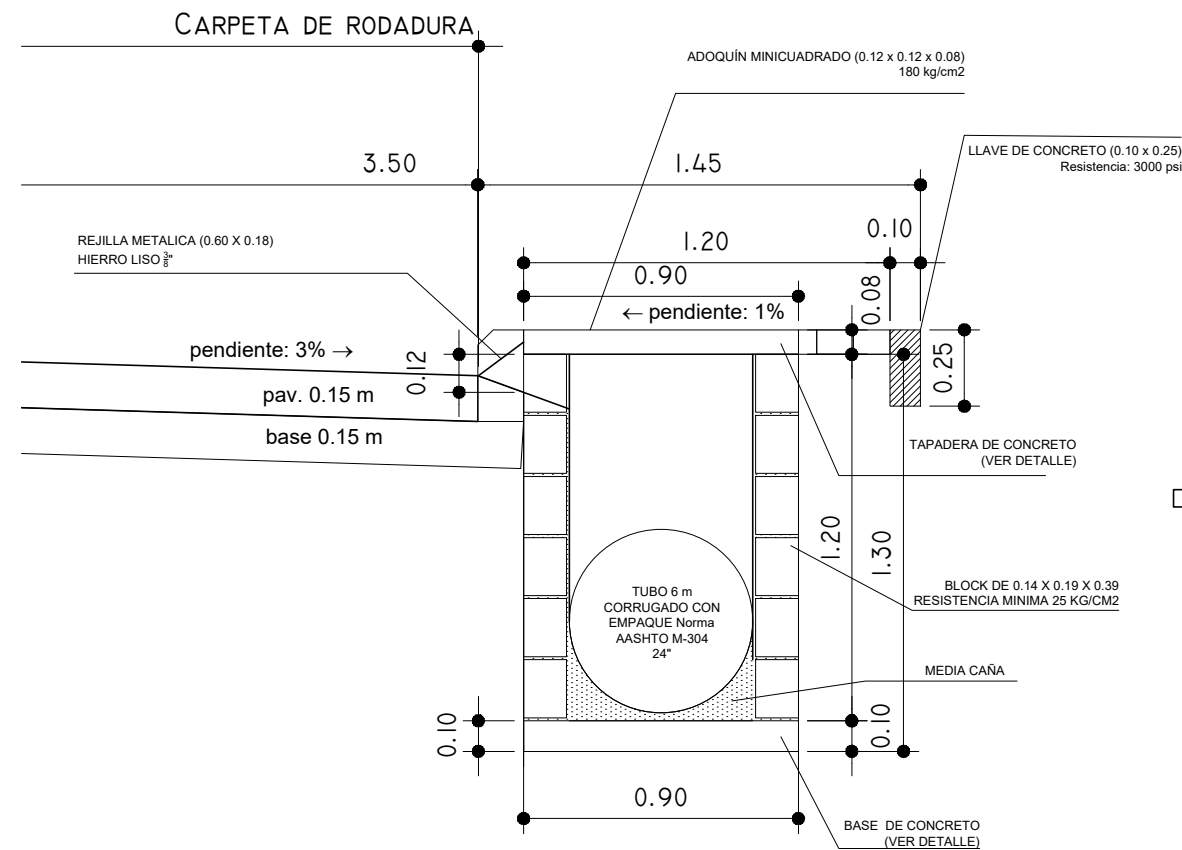
DETALLE CAJA PLUVIAL



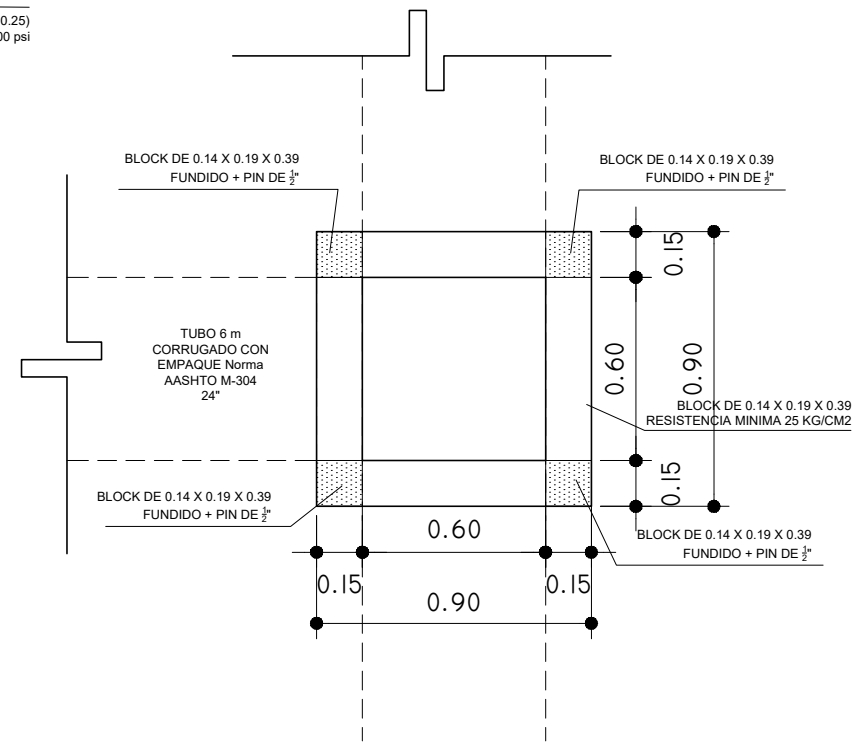
PERSPECTIVA DRENAJE PLUVIAL



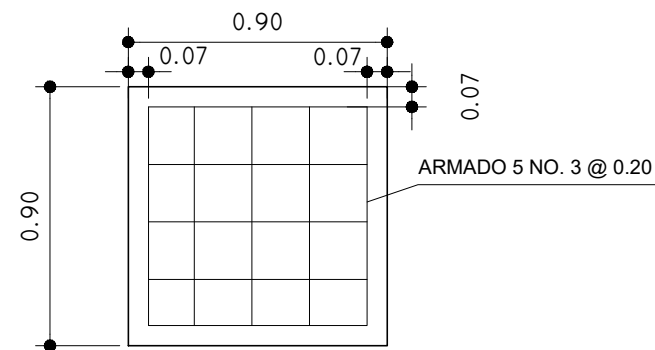
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.	
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: SEPTIEMBRE 2020	CONTENIDO: DRENAJE TRANSVERSAL
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 20 DE 21
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	



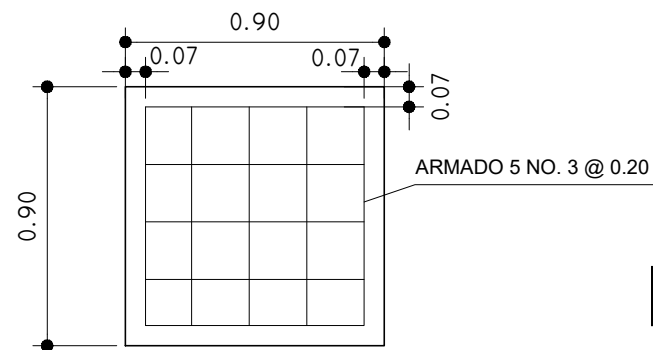
SECCIÓN X-X' DE CAJA Y TUBERÍA DE AGUA PLUVIAL



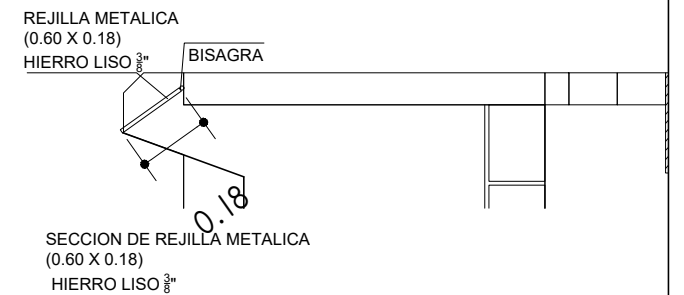
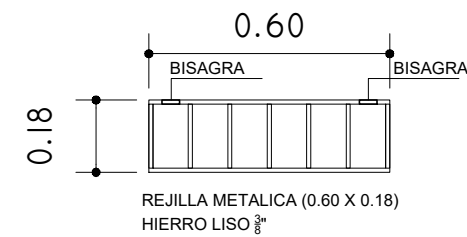
PLANTA DE CAJA Y TUBERÍA DE AGUA PLUVIAL



PLANTA BASE DE CONCRETO

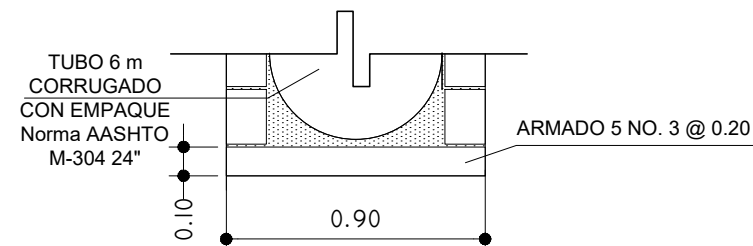


PLANTA TAPADERA DE CAJA PLUVIAL

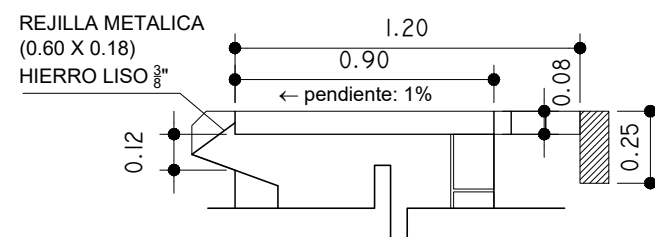


DETALLES DRENAJE

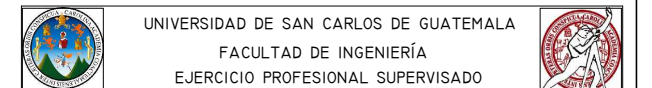
SIN ESCALA



SECCIÓN BASE DE CONCRETO



SECCIÓN TAPADERA DE CAJA PLUVIAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA LAS PACAYAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, A.V.

ESCALA: INDICADA
UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

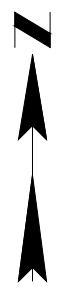
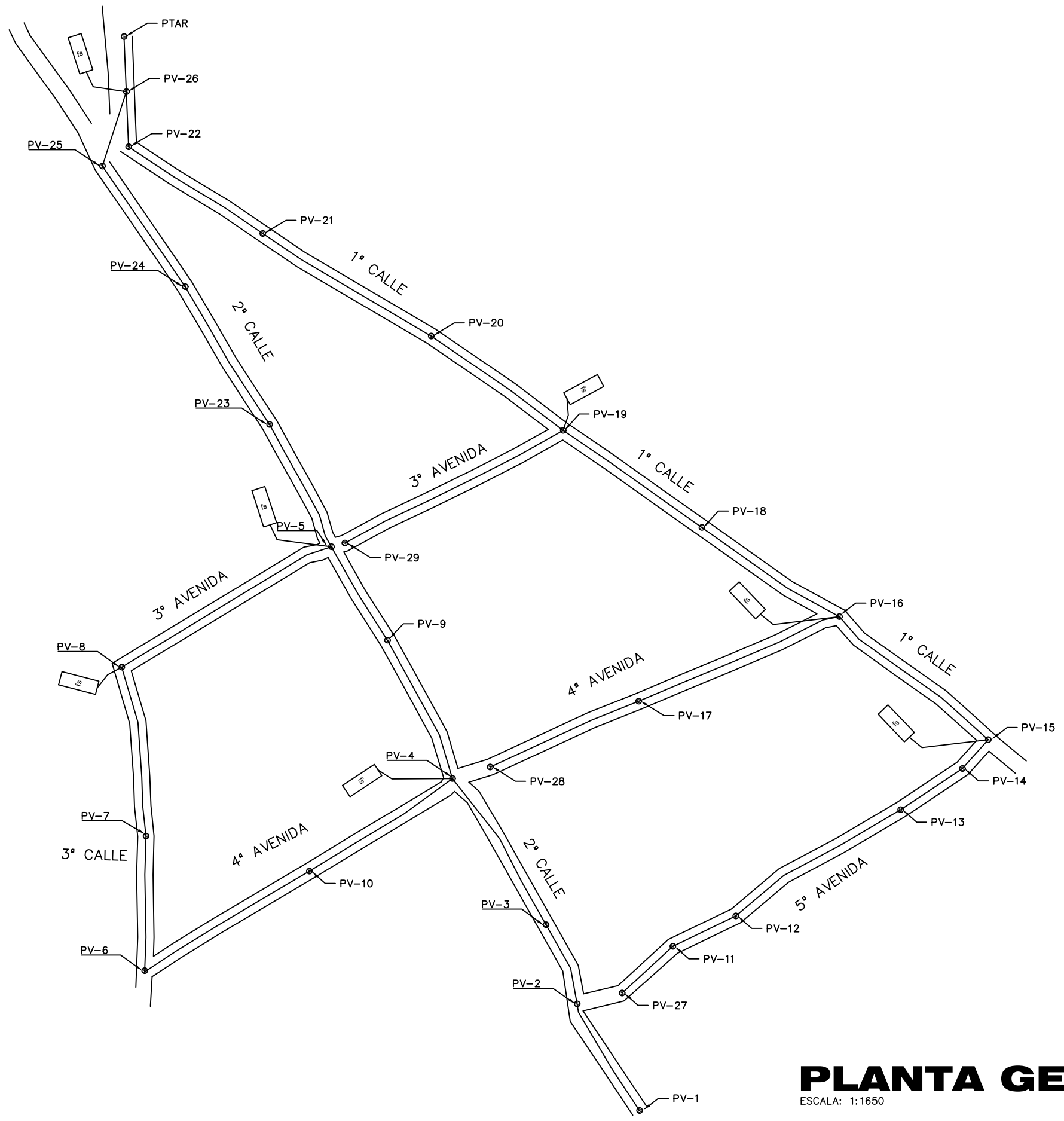
FECHA: SEPTIEMBRE 2020
CONTENIDO: DETALLES DRENAJE

DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA

PLANO NO. 21 DE 21

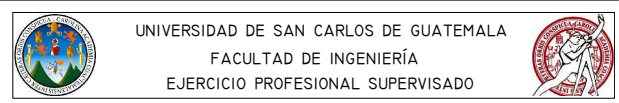
Apéndice 2. **Planos constructivos del drenaje sanitario para el barrio Esquipulas, en el municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



SIMBOLOGÍA	
Ⓢ	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
—	TUBERÍA
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
FS	FOSA SÉPTICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	



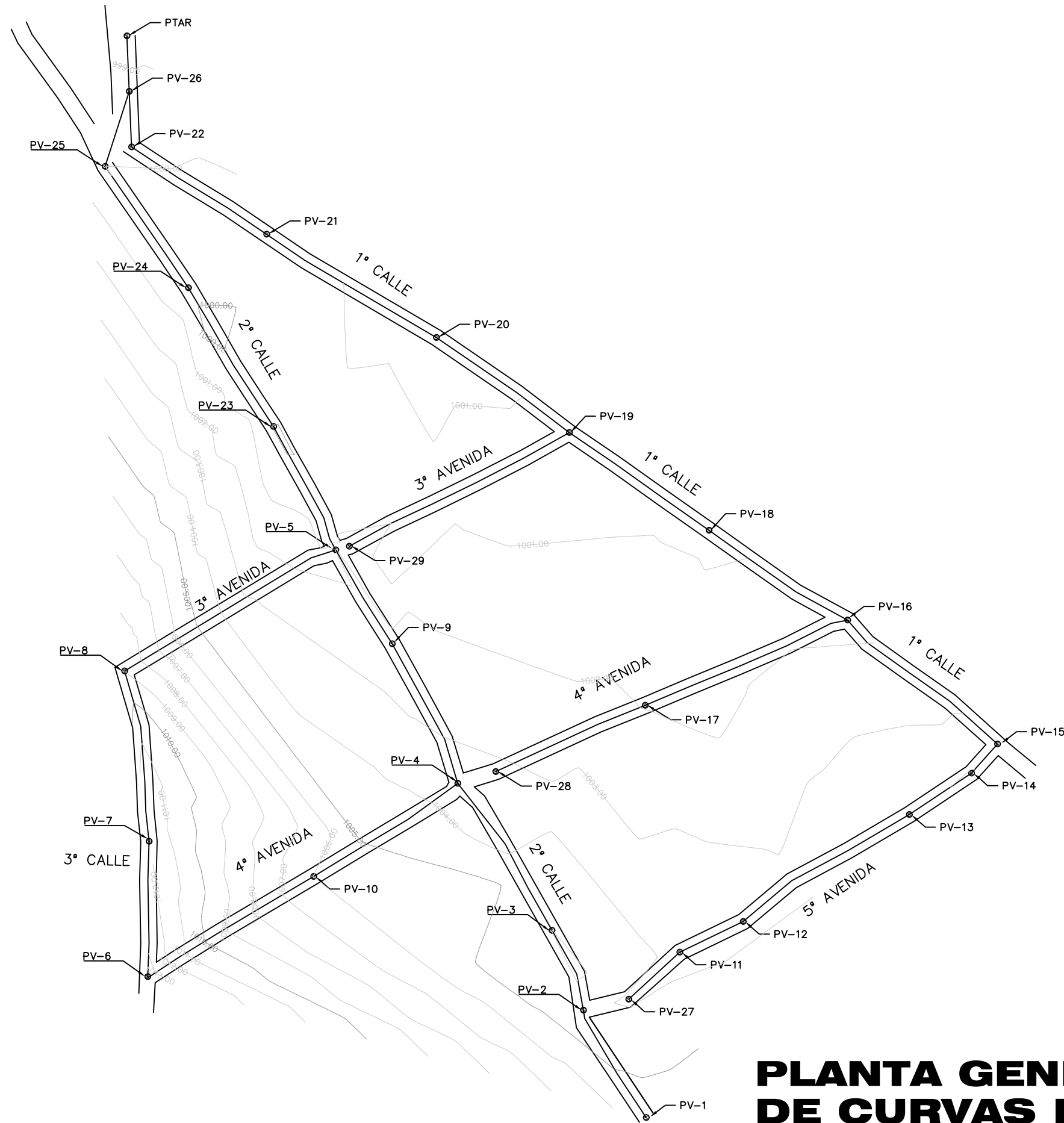
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA GENERAL				
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1"> <tr> <td>PLANO NO.:</td> <td>1</td> <td>DE:</td> <td>16</td> </tr> </table>	PLANO NO.:	1	DE:	16
PLANO NO.:		1	DE:	16	
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA					

PLANTA GENERAL

ESCALA: 1:1650



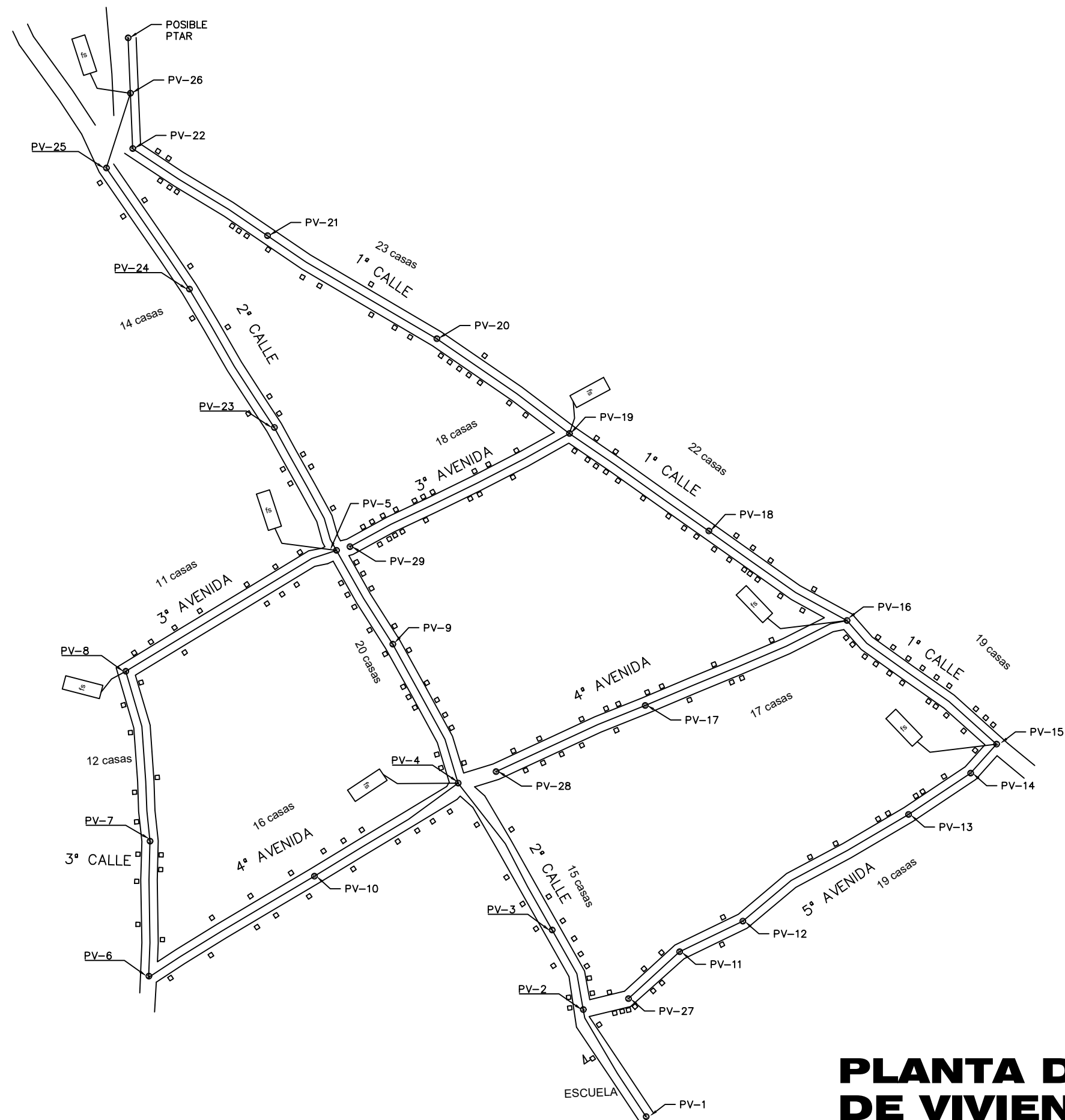
SIMBOLOGÍA	
Ⓢ	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
==	TUBERÍA
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
FS	FOSA SÉPTICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ	
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA GENERAL DE CURVAS DE NIVEL
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 2 DE 16
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	

PLANTA GENERAL DE CURVAS DE NIVEL

ESCALA: 1:1650



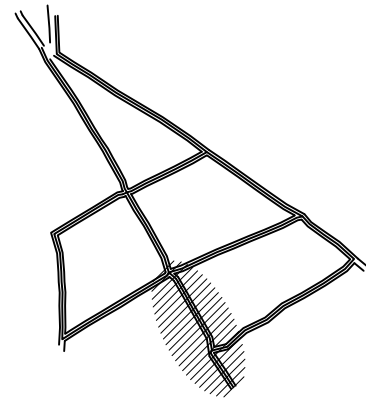
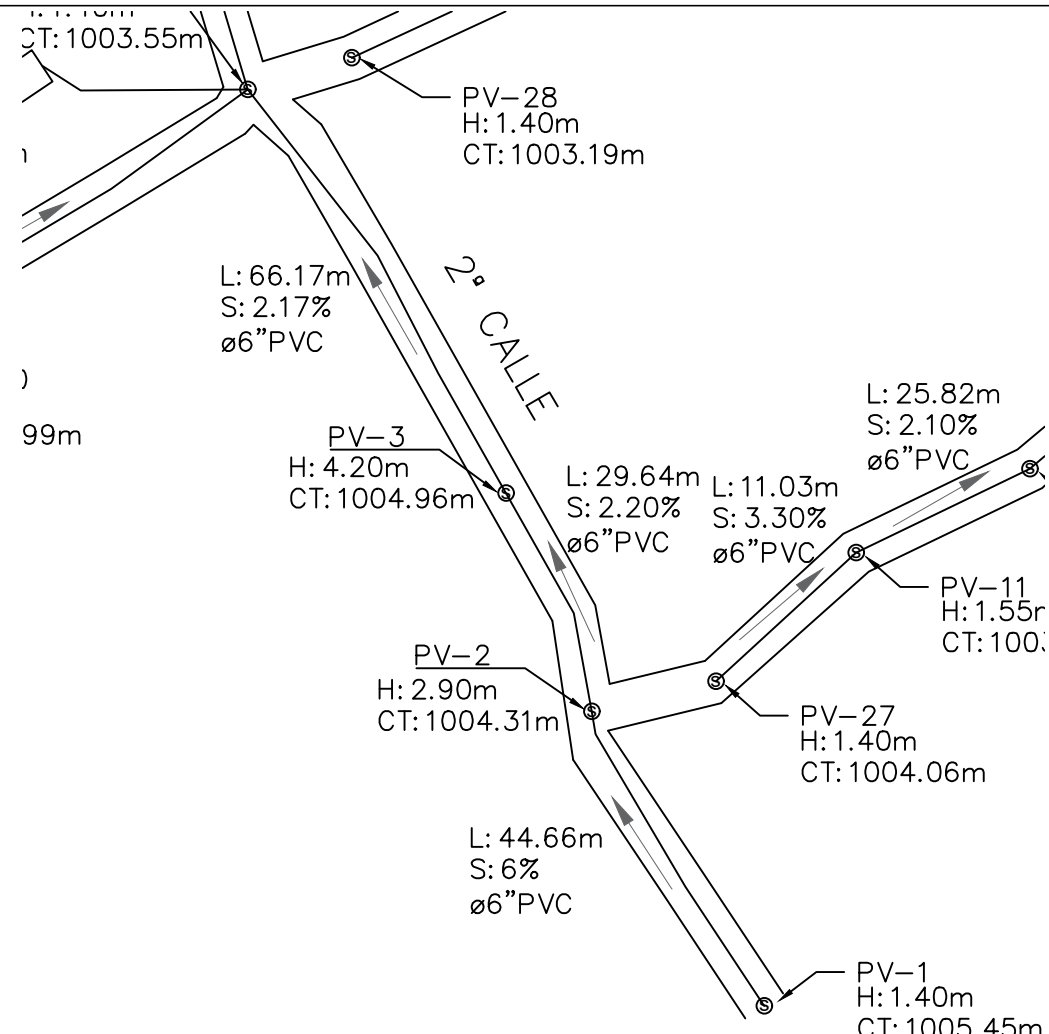
SIMBOLOGÍA	
	VIVIENDA
	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
	TUBERÍA
	ESCUELA
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	FOSA SÉPTICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESITENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS INFOM, 2001	

PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA: 1:1650

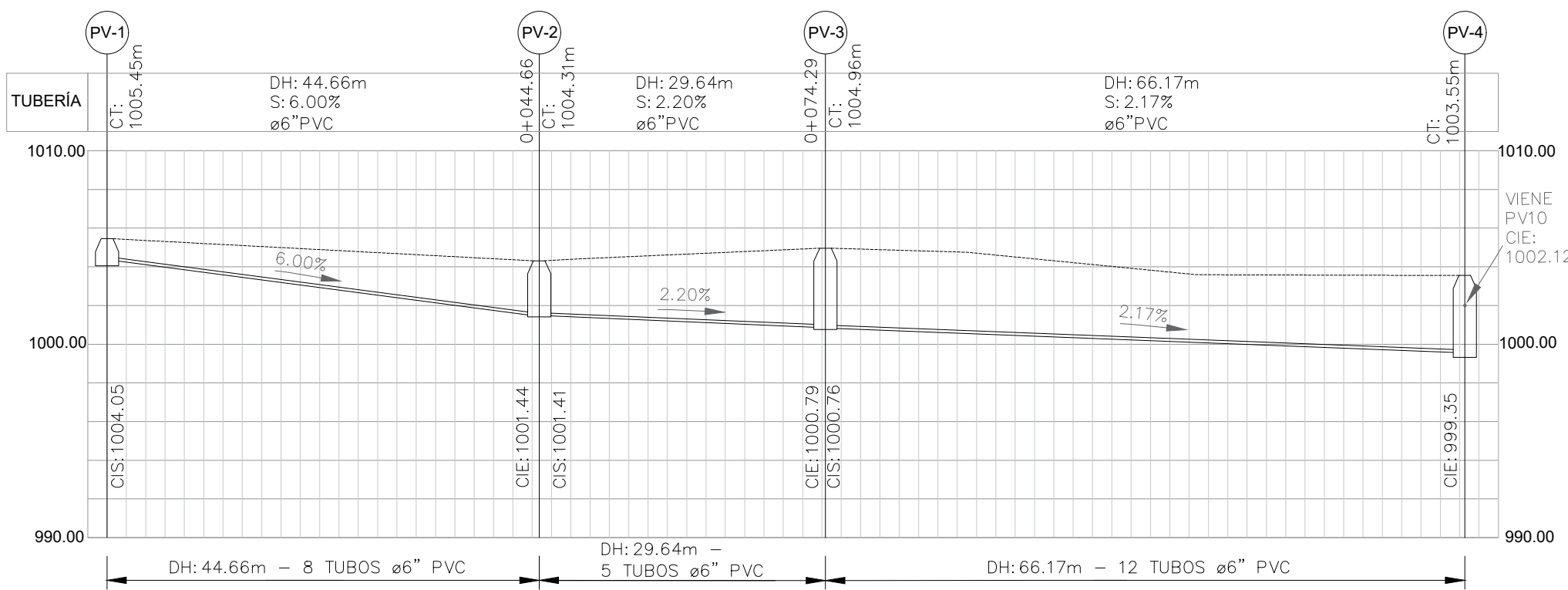
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>						
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ						
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ					
FECHA: ACOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA					
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1"> <tr> <td>PLANO NO.:</td> <td rowspan="2">3</td> <td rowspan="2">DE.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>16</td> </tr> </table>	PLANO NO.:	3	DE.		16
PLANO NO.:		3			DE.	
	16					
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA						



PLANTA PV1 - PV4

ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
Ø	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	

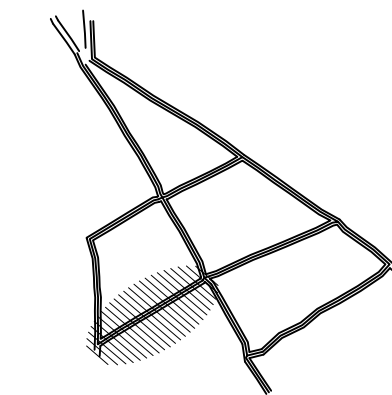
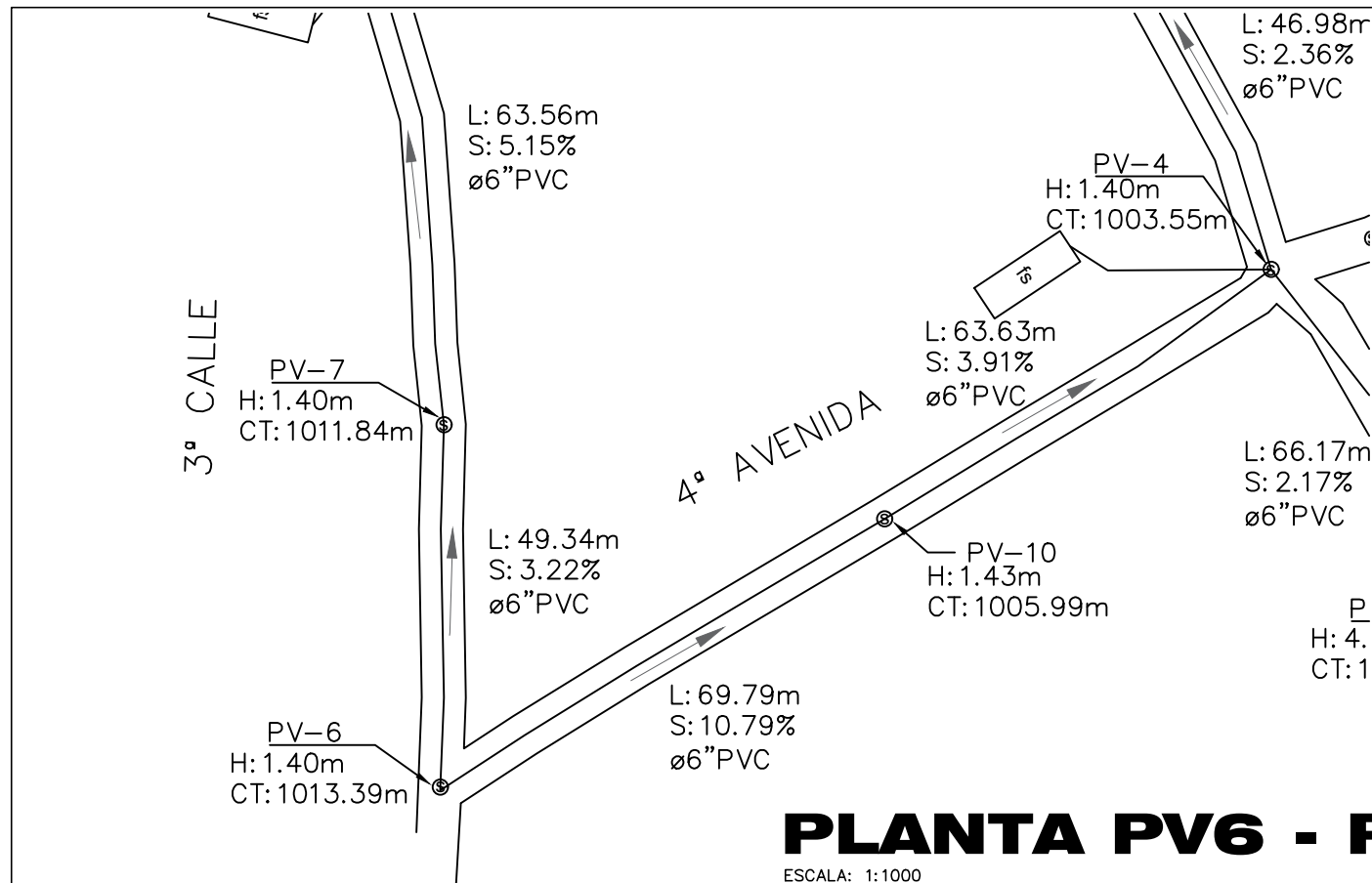
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PVI - PV4
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 4 DE 16
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	

PERFIL PV1 - PV4

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250



REFERENCIA

SIN ESCALA



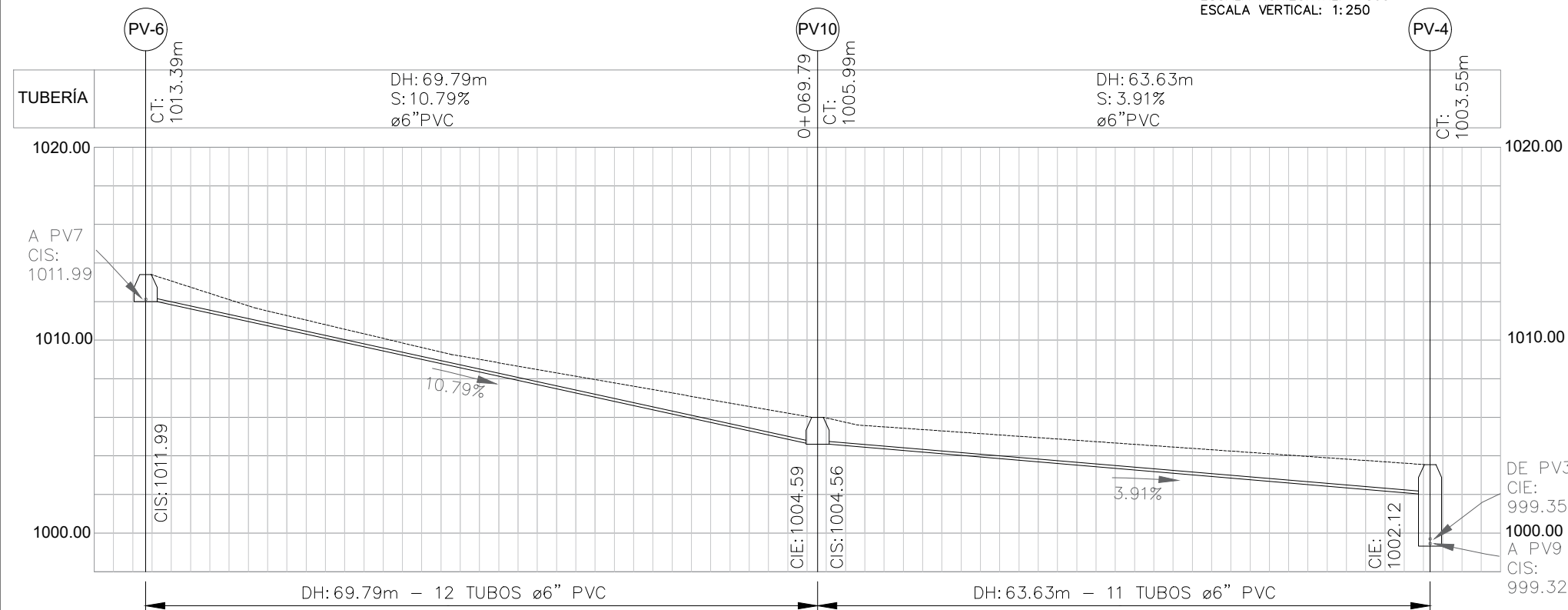
PLANTA PV6 - PV4

ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGÍA	
⊕↑	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
==	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
∅	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA

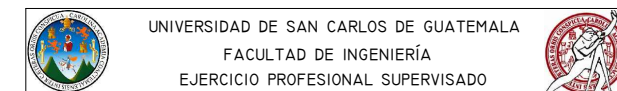
PERFIL PV6 - PV4

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
 ESCALA VERTICAL: 1:250



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	



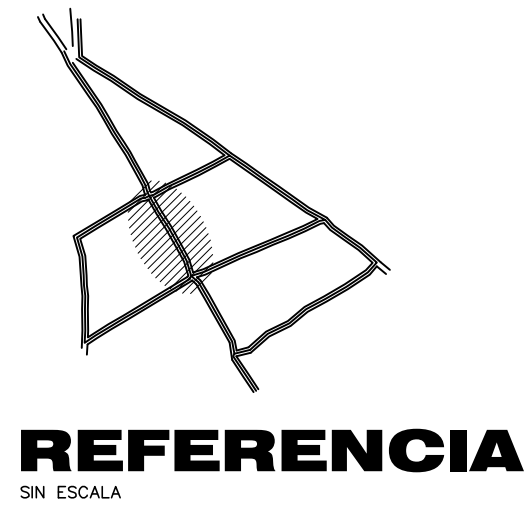
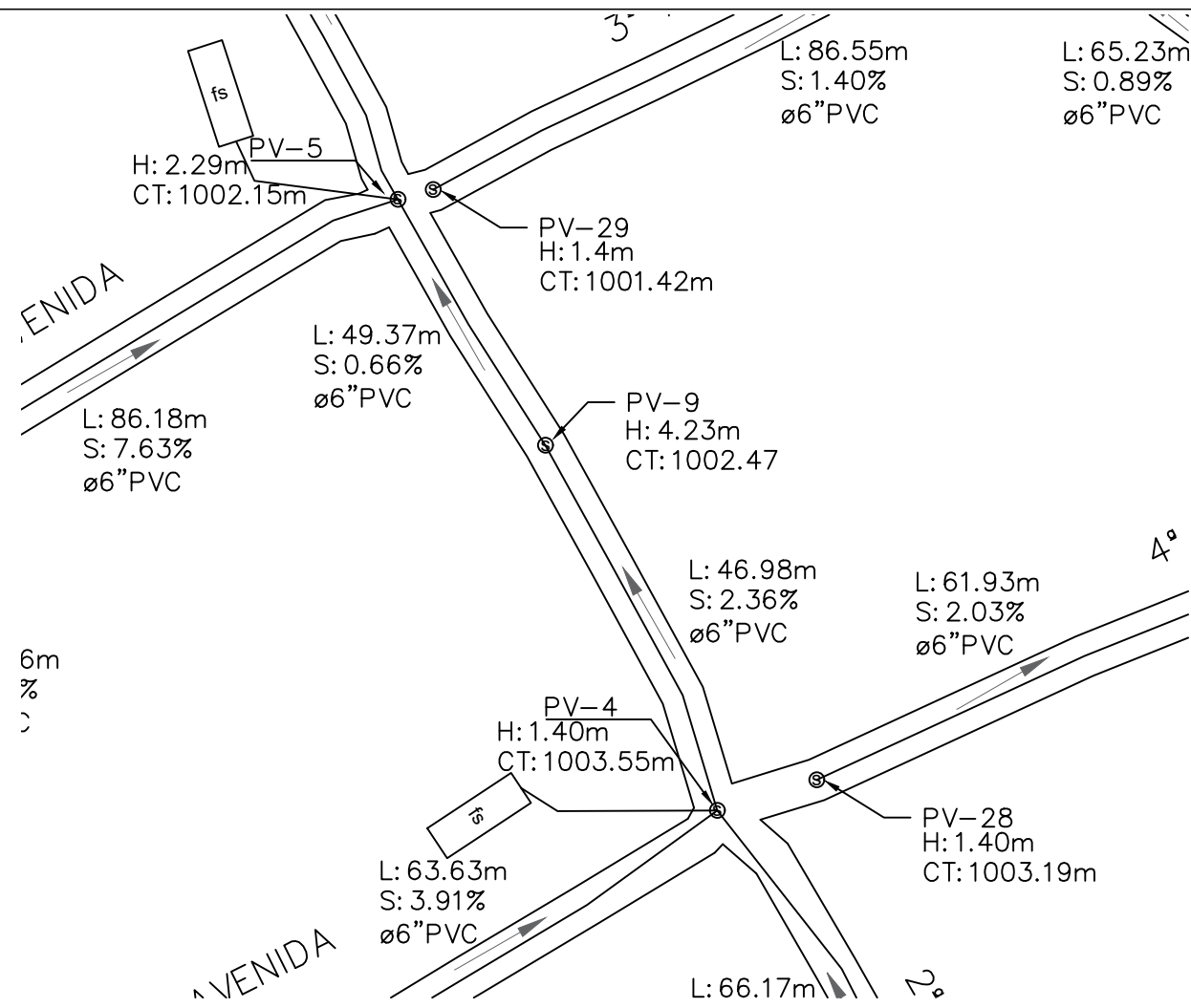
PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA: INDICADA
 UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA: AGOSTO 2021
 CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV6 - PV4

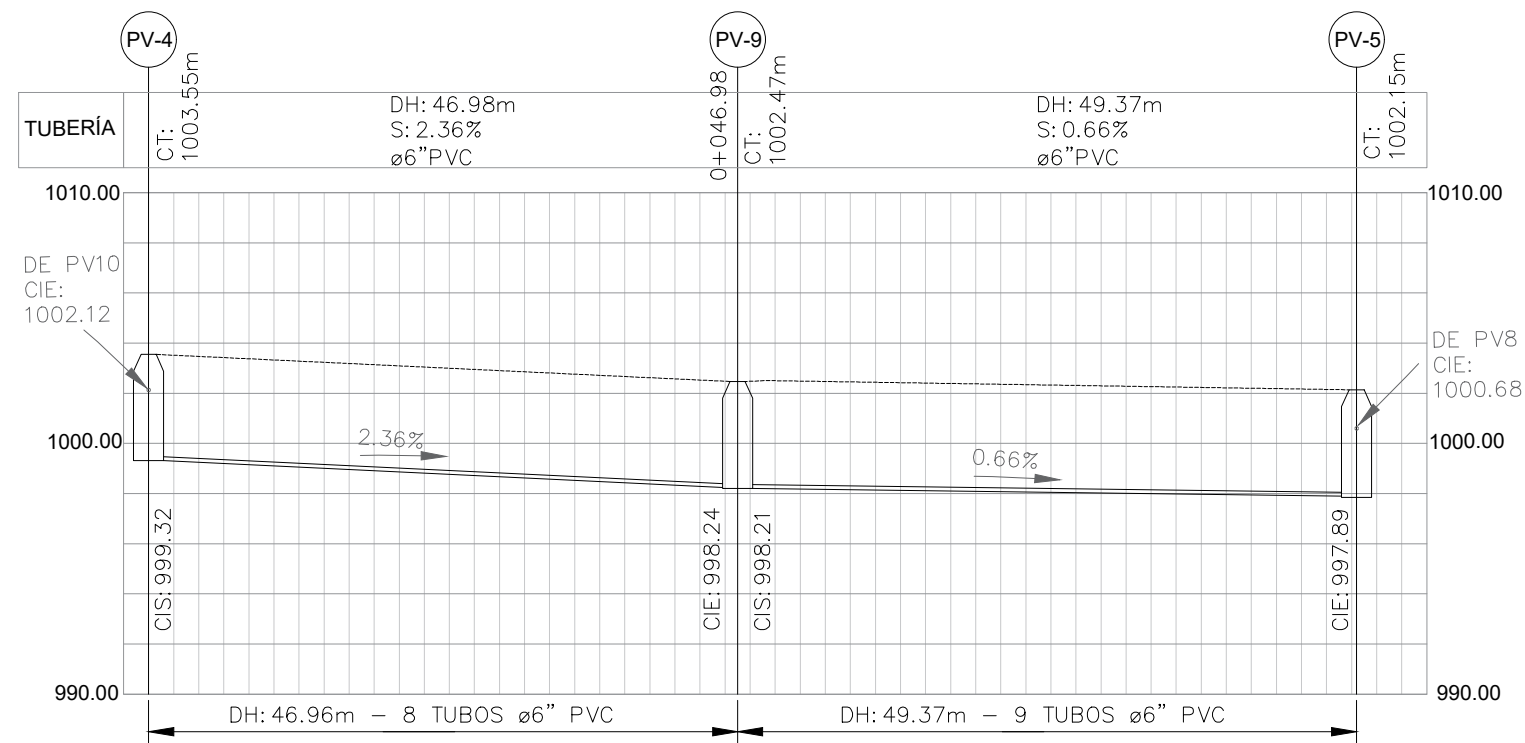
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA
 CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA

PLANO NO. 5 DE 16



SIMBOLOGÍA	
⊕	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
==	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
∅	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA

PLANTA PV4 - PV5
ESCALA: 1:1000



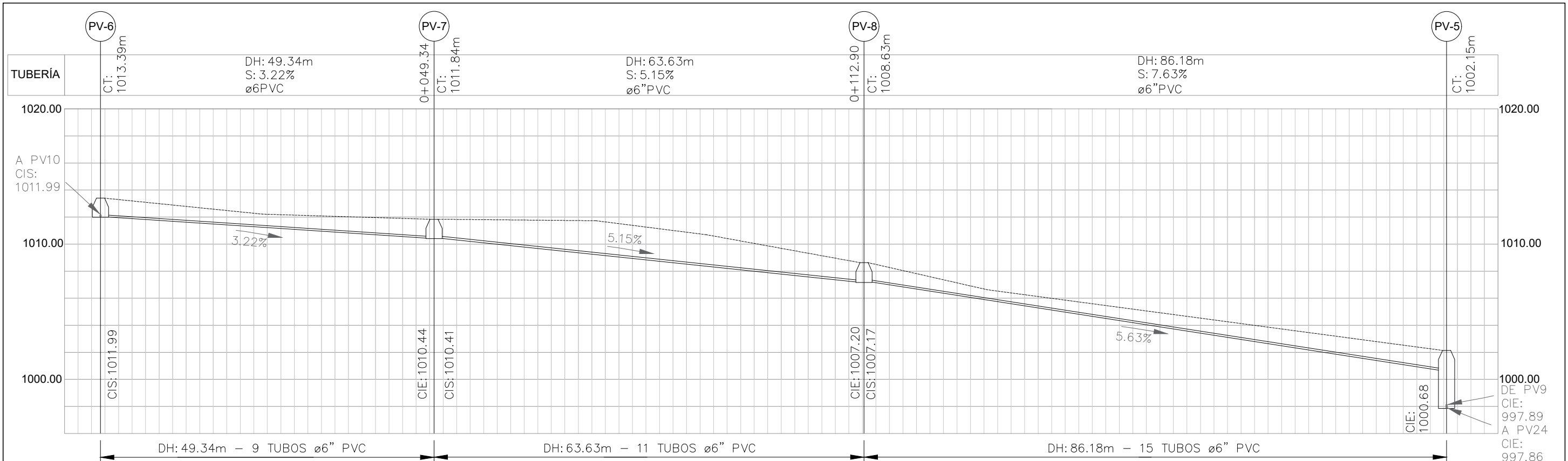
PERFIL PV4 - PV5
ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

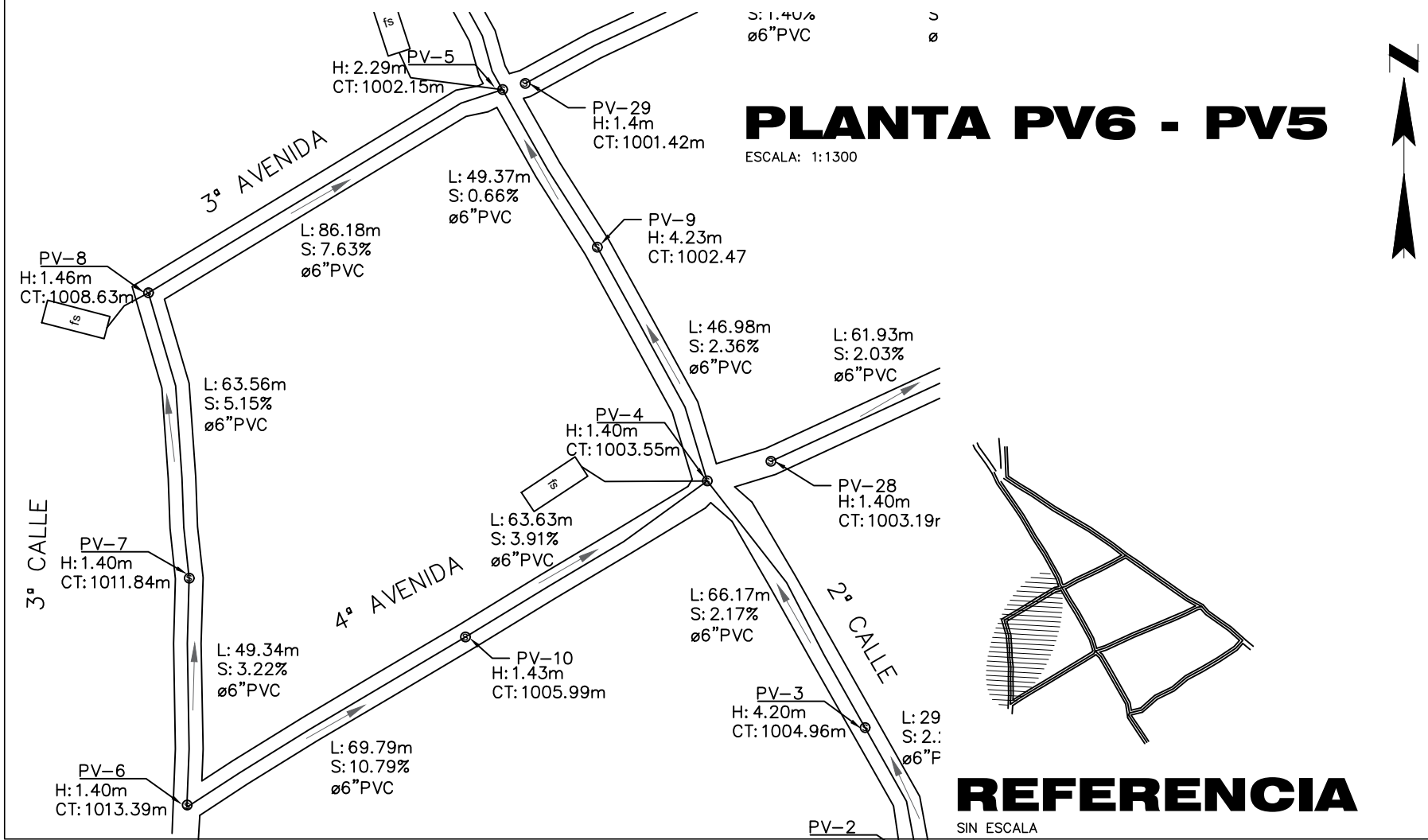
PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV4 - PV5
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 6 DE 16
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	



PERFIL PV6 - PV5

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESITENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	

SIMBOLOGÍA	
⊕	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
==	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
∅	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA

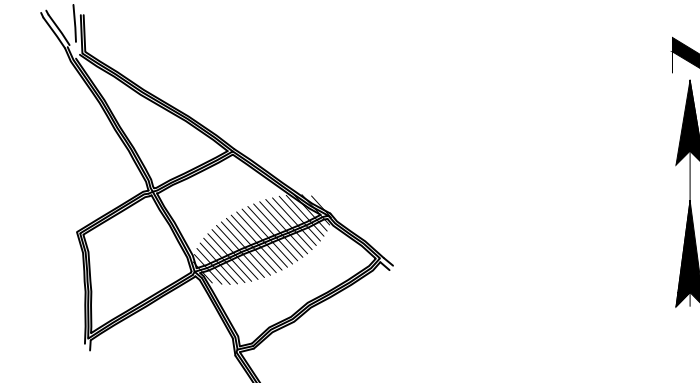
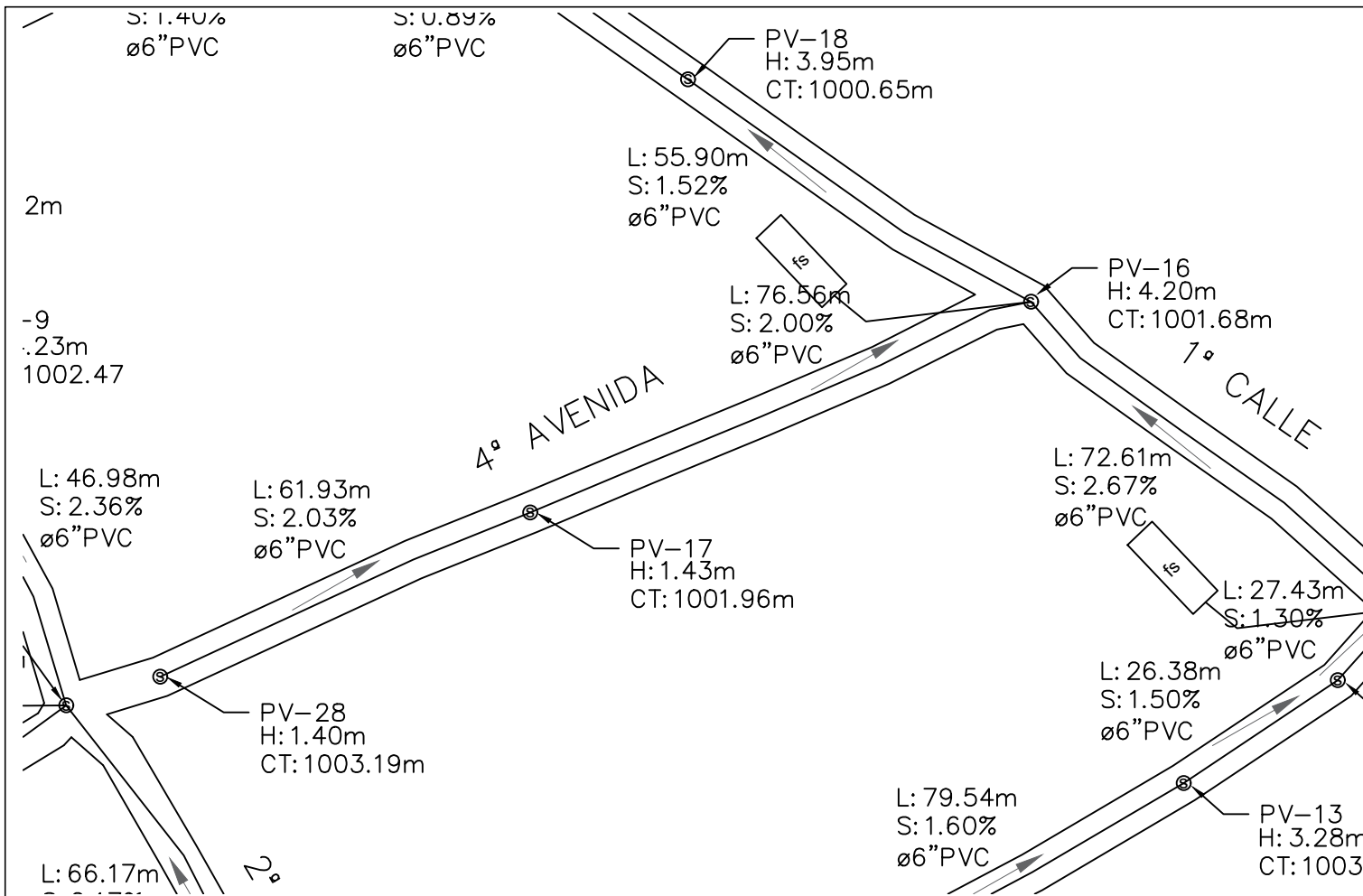
REFERENCIA

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

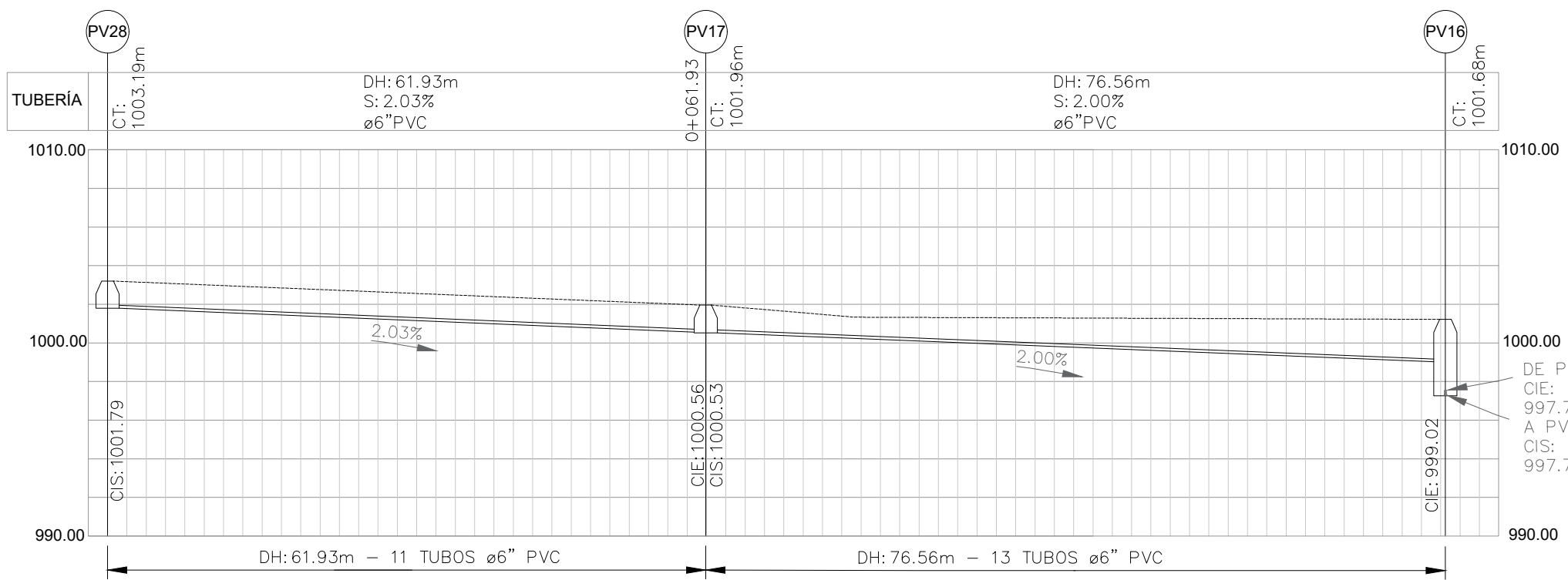
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV6 - PV5
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 7 DE 16
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	



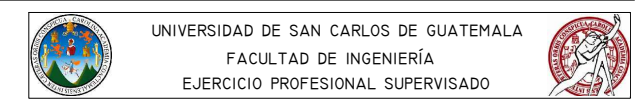
REFERENCIA
SIN ESCALA

PLANTA PV28 - PV16
ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGÍA	
⊕	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
==	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
∅	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	



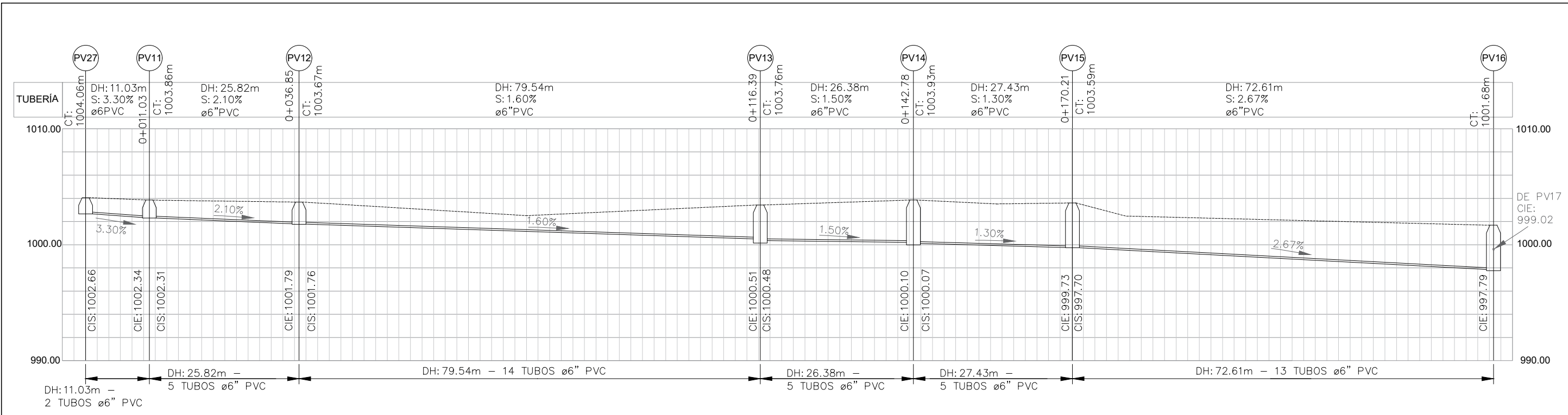
PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA: INDICADA UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

FECHA: AGOSTO 2021 CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV28 - PV16

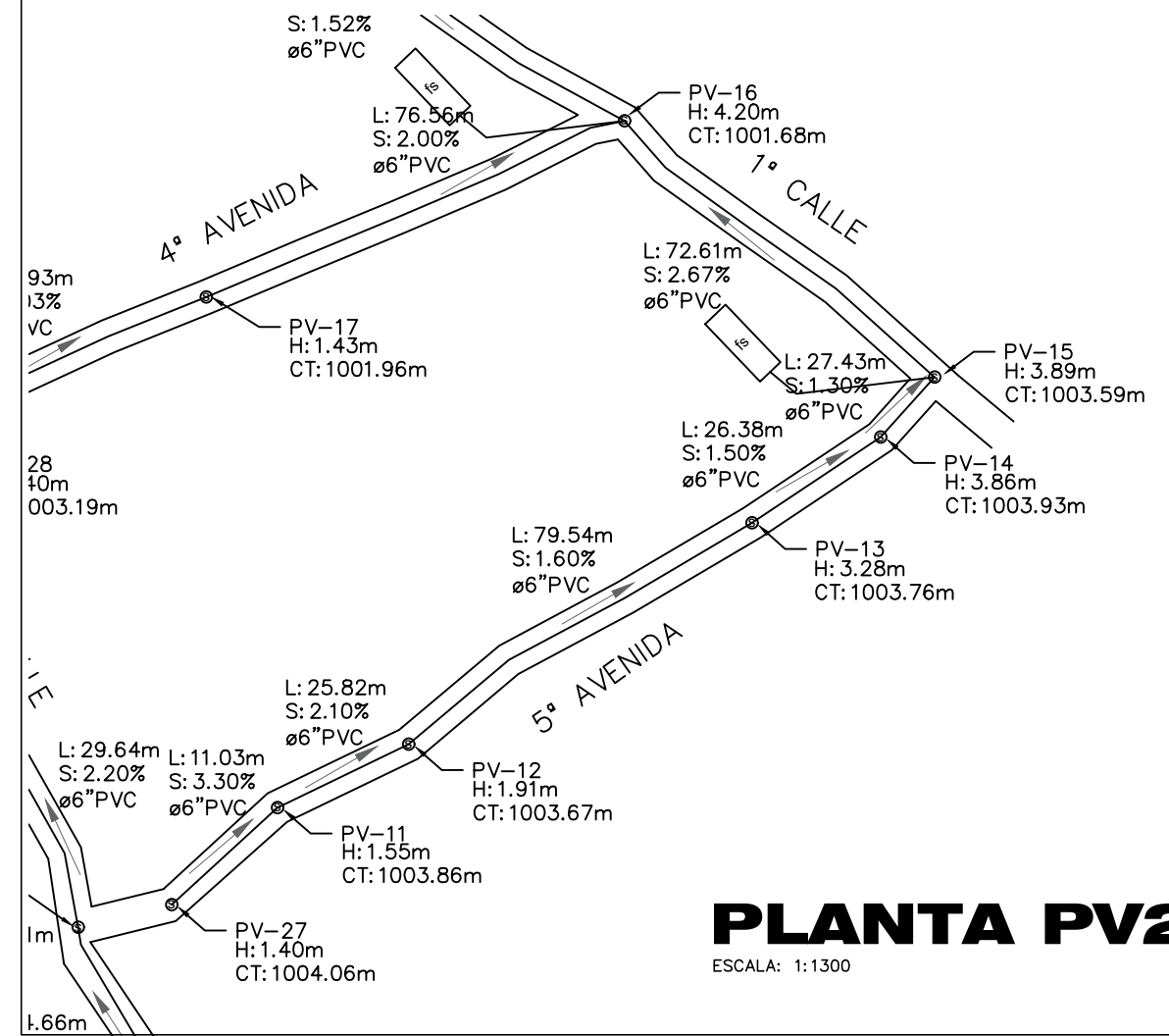
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA

PERFIL PV28 - PV16
ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250



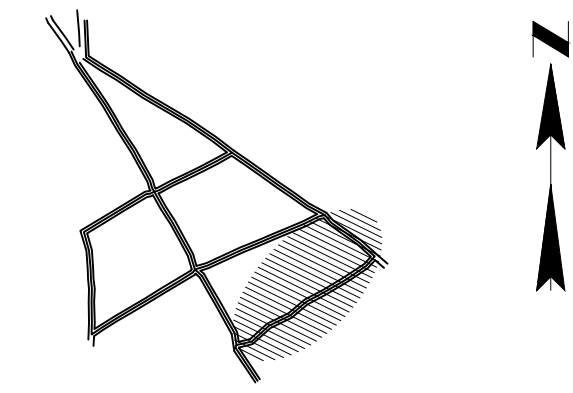
PERFIL PV27 - PV16

ESCALA HORIZONTAL: 1:700
ESCALA VERTICAL: 1:350



PLANTA PV27 - PV16

ESCALA: 1:1300



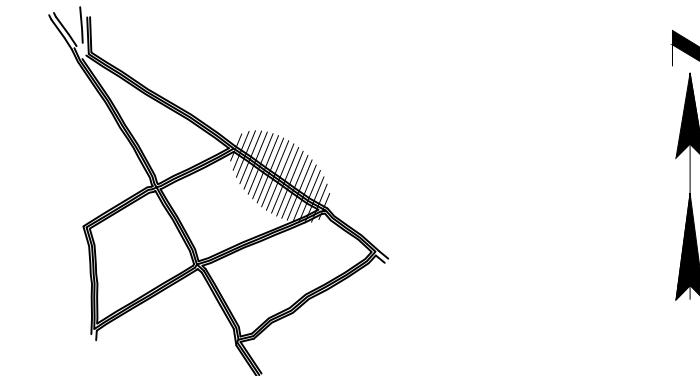
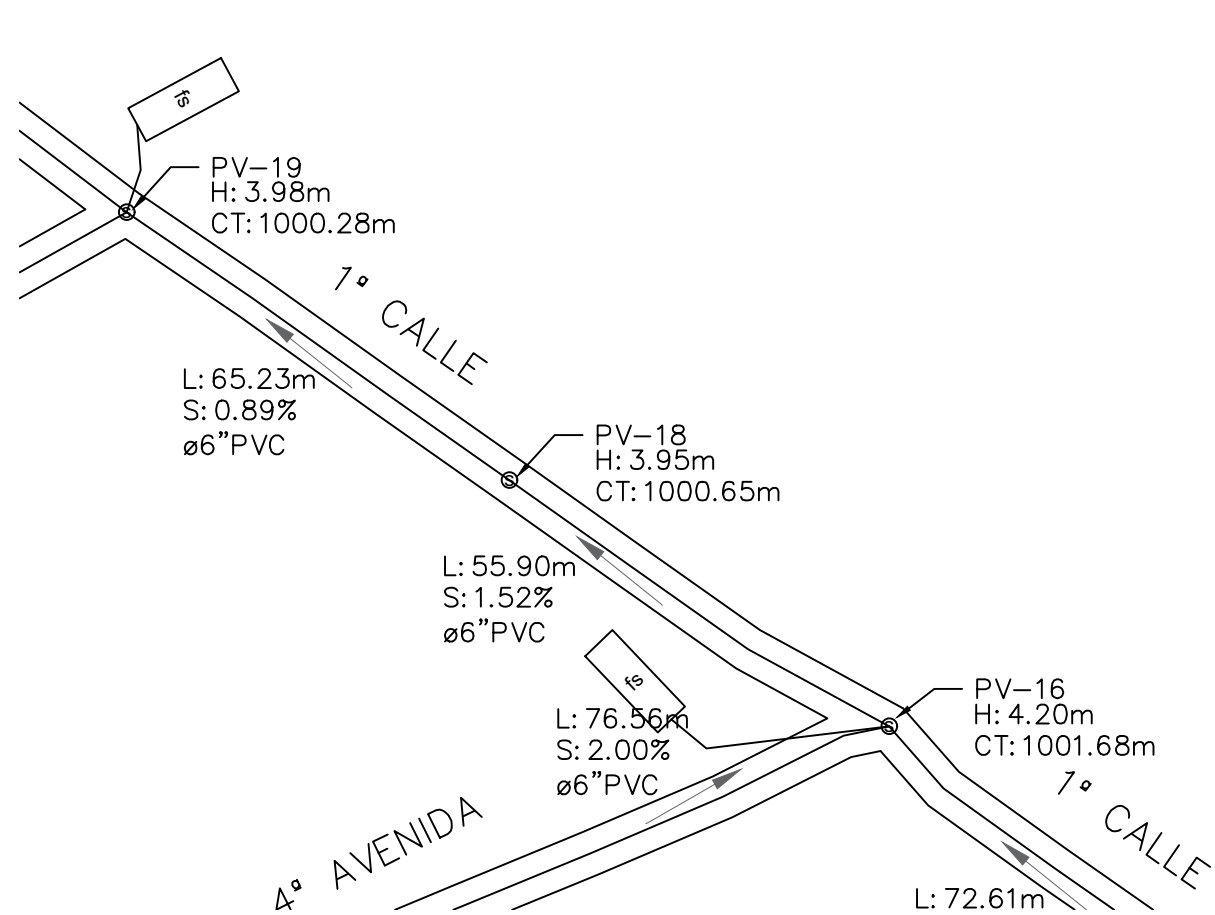
REFERENCIA

SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	

SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
	PV-1 POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	TUBERÍA
	CT COTA DE TERRENO
	L LONGITUD DE TUBERÍA
	H ALTURA DEL POZO
	Ø DIÁMETRO
	PVC POLICLORURO DE VINILO
	PTAR PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	S PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	CIS COTA INVERT DE SALIDA
	CIE COTA INVERT DE ENTRADA

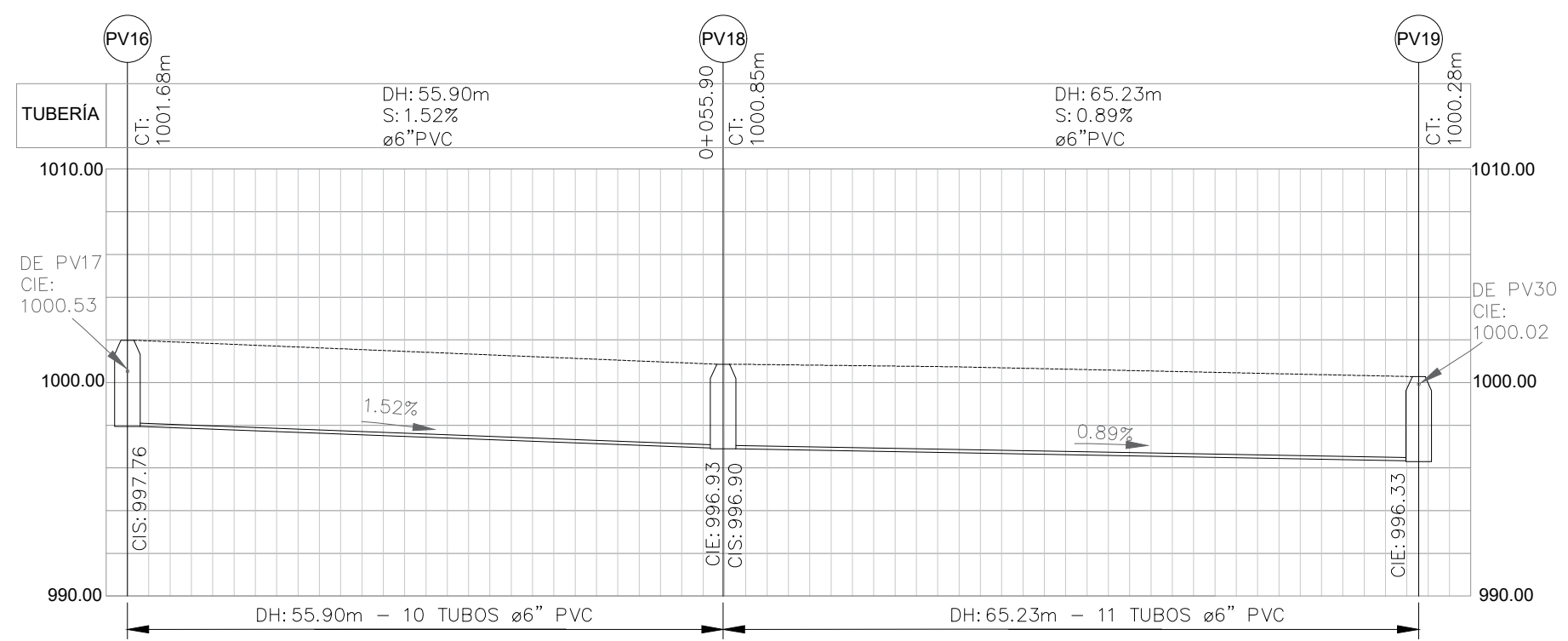
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>						
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ						
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ					
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV27 - PV16					
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1"> <tr> <td>PLANO NO.:</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; text-align: center;">9</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; text-align: center;">DE</td> </tr> <tr> <td>CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA</td> <td style="font-size: 2em; text-align: center;">16</td> </tr> </table>	PLANO NO.:	9	DE	CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	16
PLANO NO.:		9			DE	
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	16					



REFERENCIA
SIN ESCALA

SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
Ø	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA

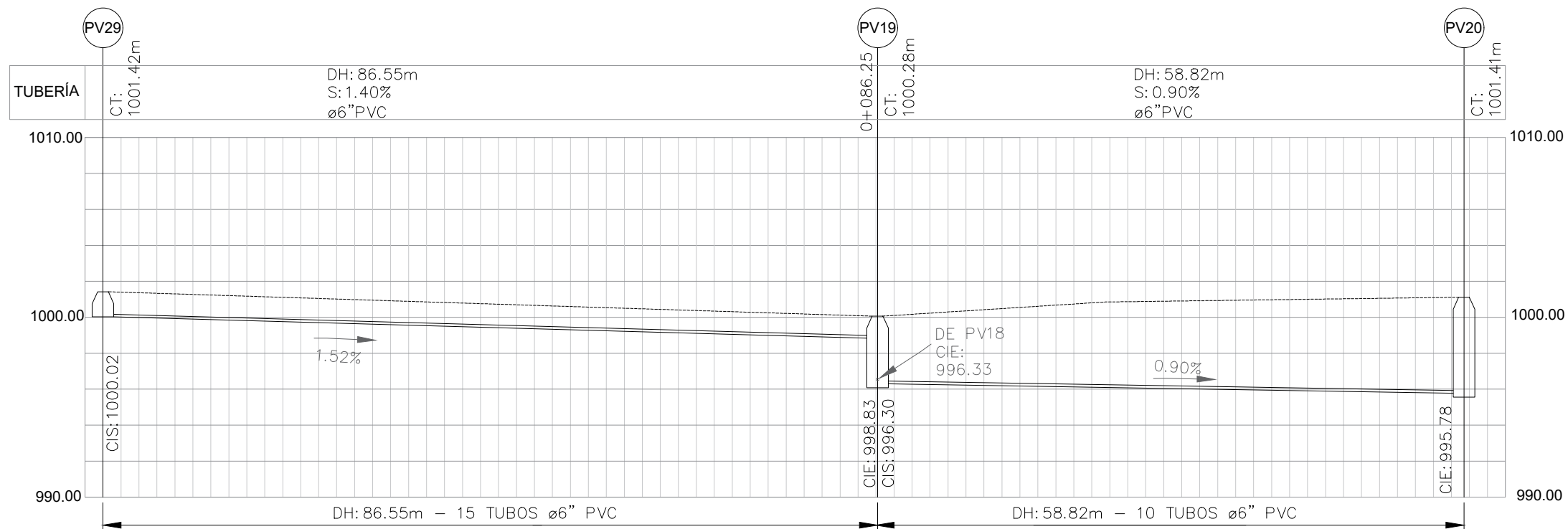
PLANTA PV16 - PV19
ESCALA: 1:1000



PERFIL PV16 - PV19
ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESITENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	

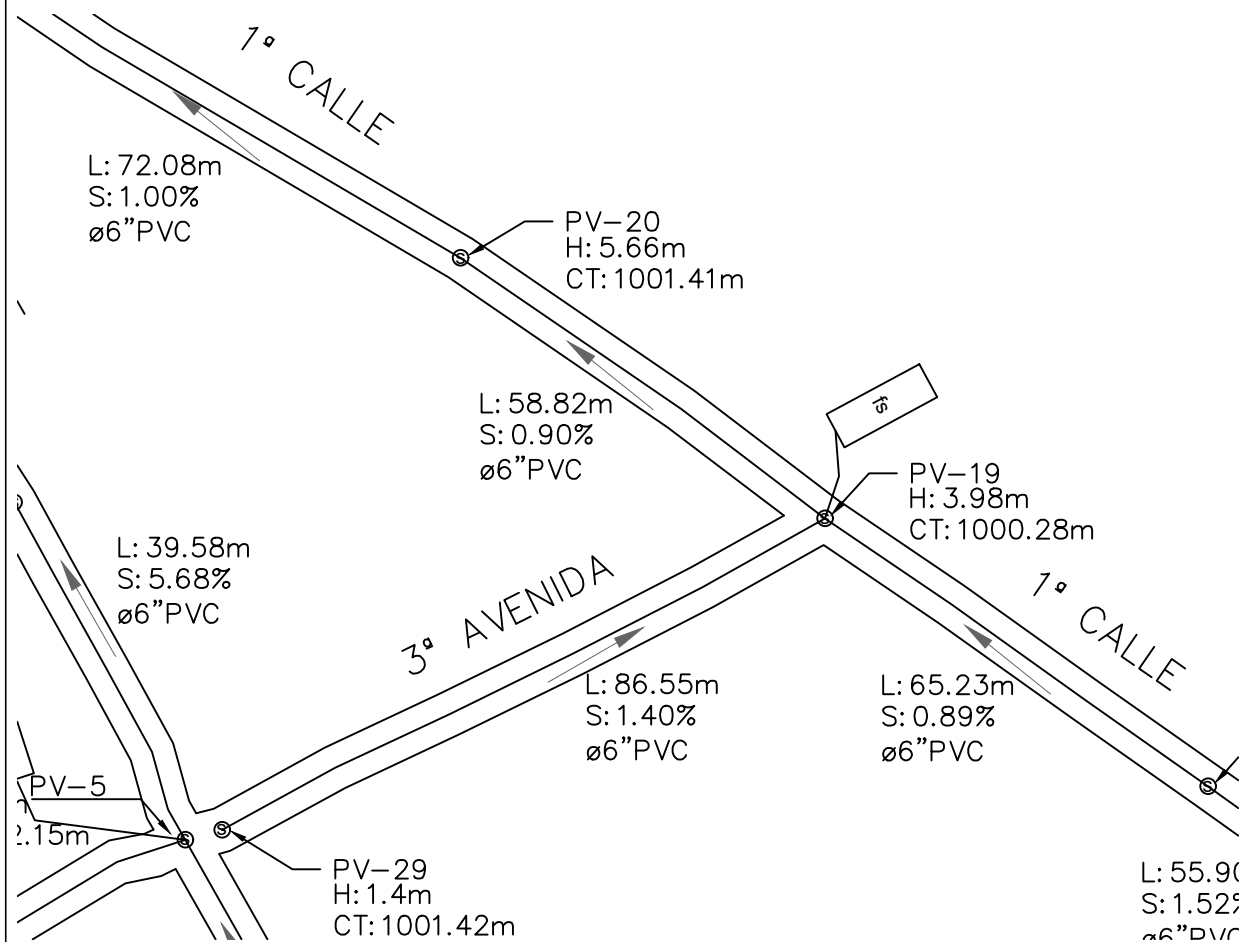
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>						
<p>PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ</p>						
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ					
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PVI6 - PVI9					
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1"> <tr> <td>PLANO NO.:</td> <td rowspan="2">10</td> <td rowspan="2">DE.</td> <td rowspan="2">16</td> </tr> <tr> <td>CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA</td> </tr> </table>	PLANO NO.:	10	DE.	16	CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA
PLANO NO.:		10				DE.
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA						



PERFIL PV20 - PV29

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250

SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
Ø	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA



REFERENCIA

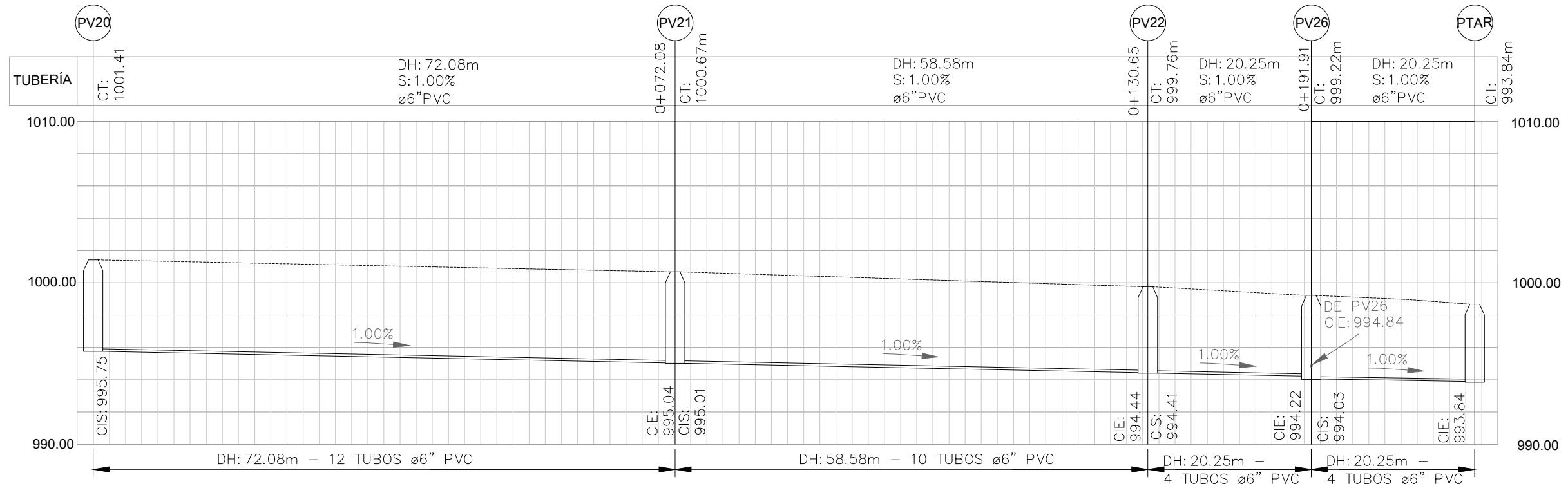
SIN ESCALA

PLANTA PV20 - PV29

L: 55.90m
S: 1.52%
ø6\"/>

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	

PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ					
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV20 - PV29				
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1"> <tr> <td>PLANO NO.:</td> <td>11</td> <td>DE:</td> <td>16</td> </tr> </table>	PLANO NO.:	11	DE:	16
PLANO NO.:		11	DE:	16	
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA					

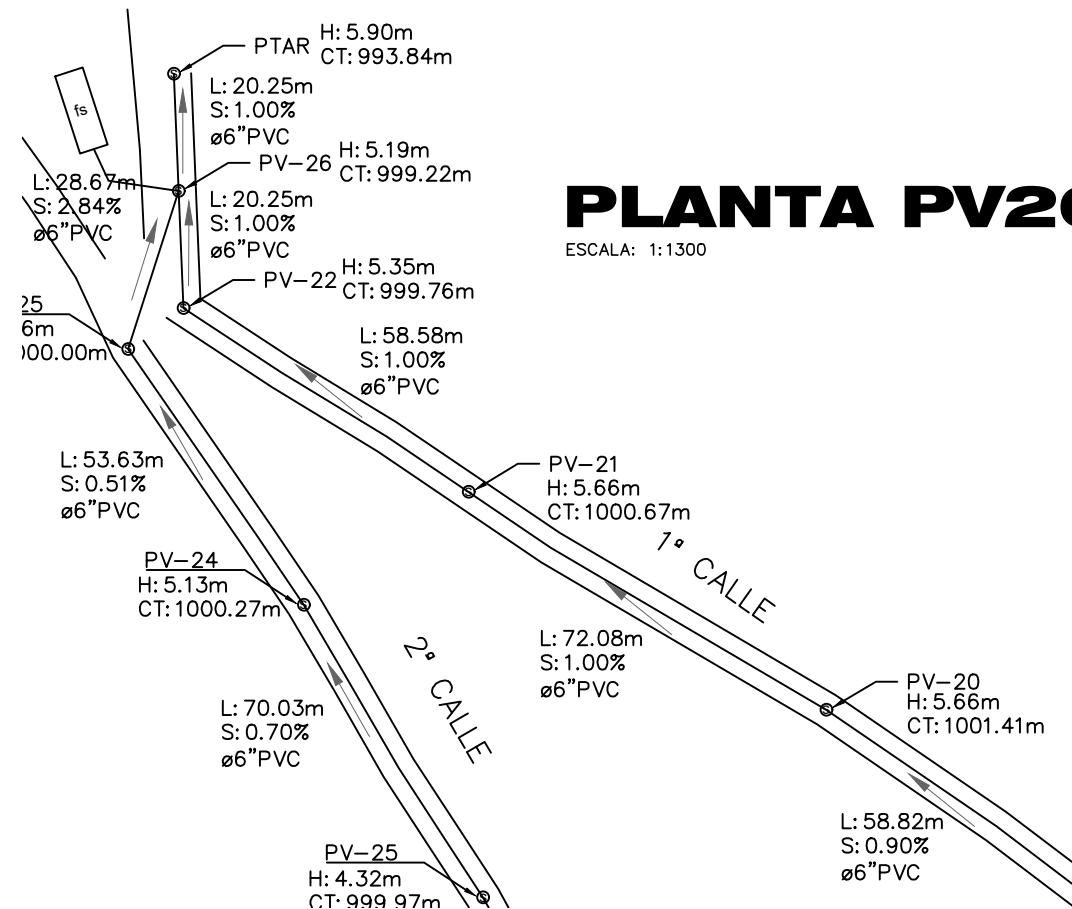


PERFIL PV20 - PTAR

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250

PLANTA PV20 - PTAR

ESCALA: 1:1300



REFERENCIA

SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NORMAS DE TUBERÍA

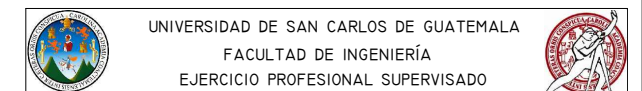
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES

NORMAS DE DISEÑO

NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001

SIMBOLOGÍA

⊕	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
==	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
∅	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA

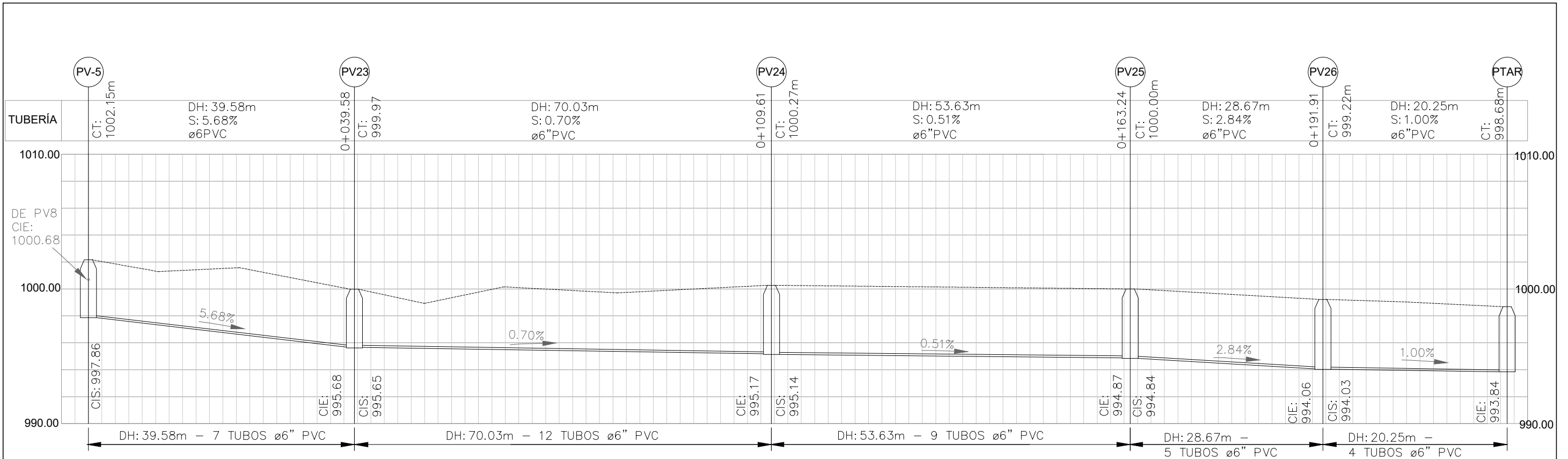


PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA: INDICADA
UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

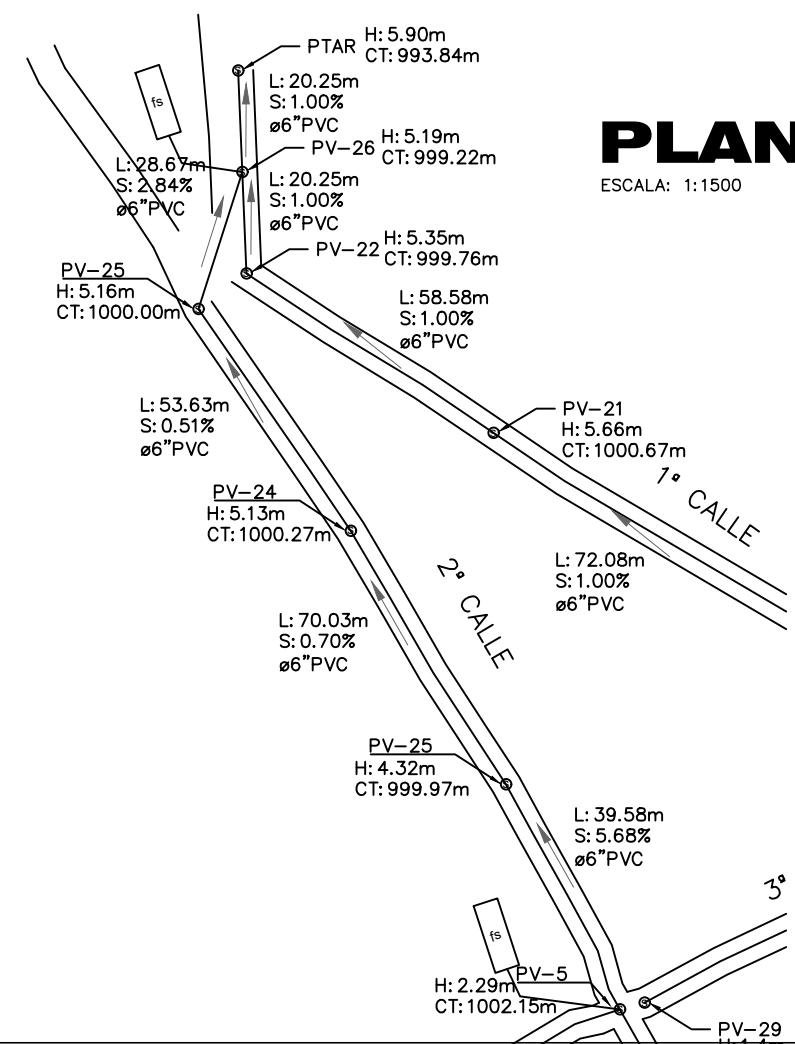
FECHA: AGOSTO 2021
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV20 - PTAR

DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA
PLANO NO. 12 DE 16



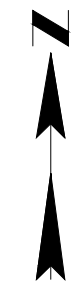
PERFIL PV5 - PTAR

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250



PLANTA PV5 - PTAR

ESCALA: 1:1500




ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE ALCANTARILLADOS - INFOM, 2001	


SIMBOLOGÍA	
⊕	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
==	TUBERÍA
CT	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
H	ALTURA DEL POZO
∅	DIÁMETRO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA

REFERENCIA

SIN ESCALA

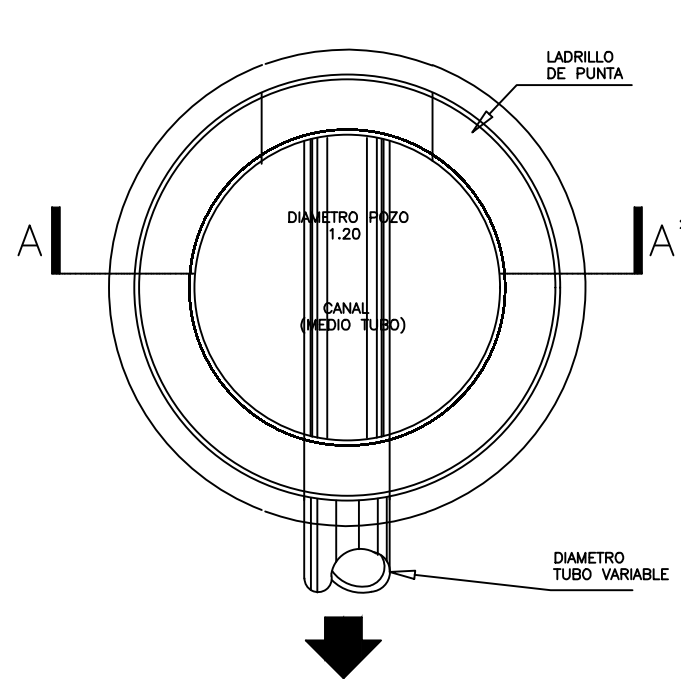


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



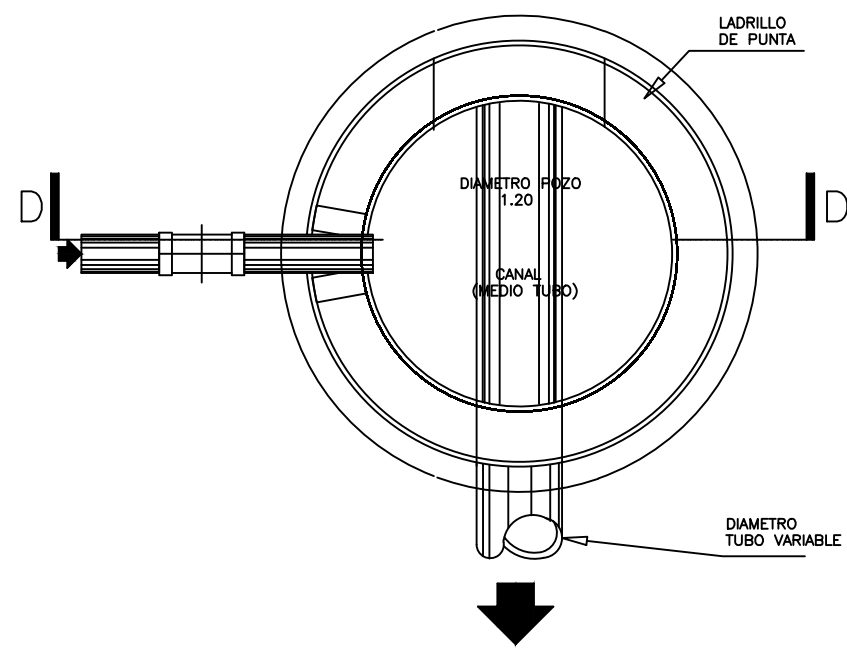
PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV5 - PTAR	
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">PLANO NO. 13 DE 16</td> </tr> </table>	PLANO NO. 13 DE 16
PLANO NO. 13 DE 16		
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA		



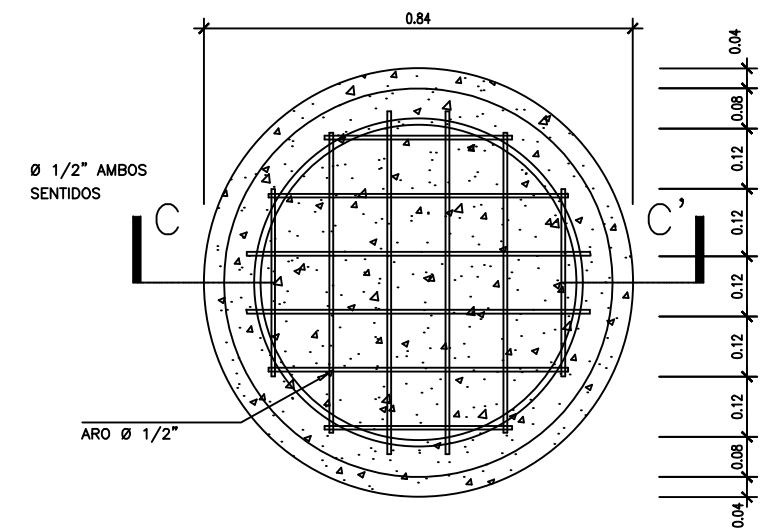
PLANTA POZO DE VISITA H > 1.20m

ESCALA: 1:30



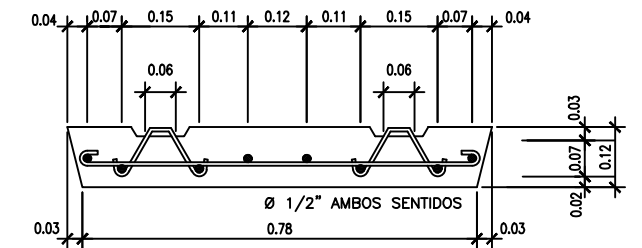
PLANTA POZO DE VISITA CON CAÍDA

ESCALA: 1:30



TAPADERA DE POZO

ESCALA: 1:15

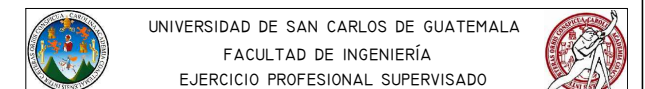


SECCIÓN C-C'

ESCALA: 1:15

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN F'c = 210 kg/cm² CON PROPORCIÓN 1:2:3:5.
3. EL MORTERO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN 1:3.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN USARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACIÓN.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERÁ Fy = 2810 kg/cm².



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ

ESCALA:
INDICADA

UBICACIÓN:
SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

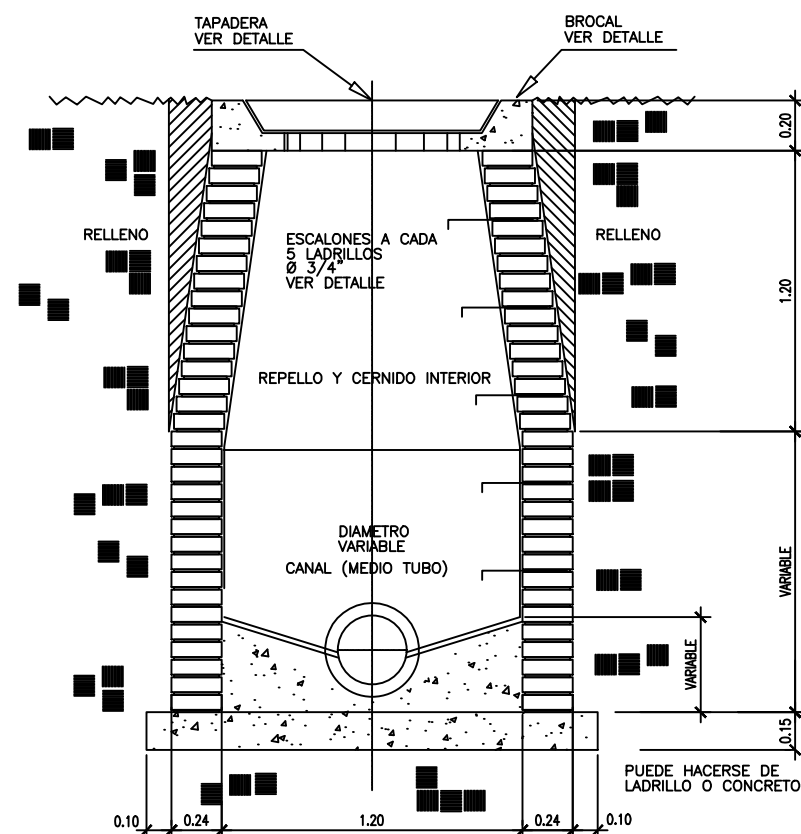
FECHA:
AGOSTO 2021

CONTENIDO:
DETALLES POZO DE VISITA

DIBUJÓ:
PEDRO QUEJ SORIA

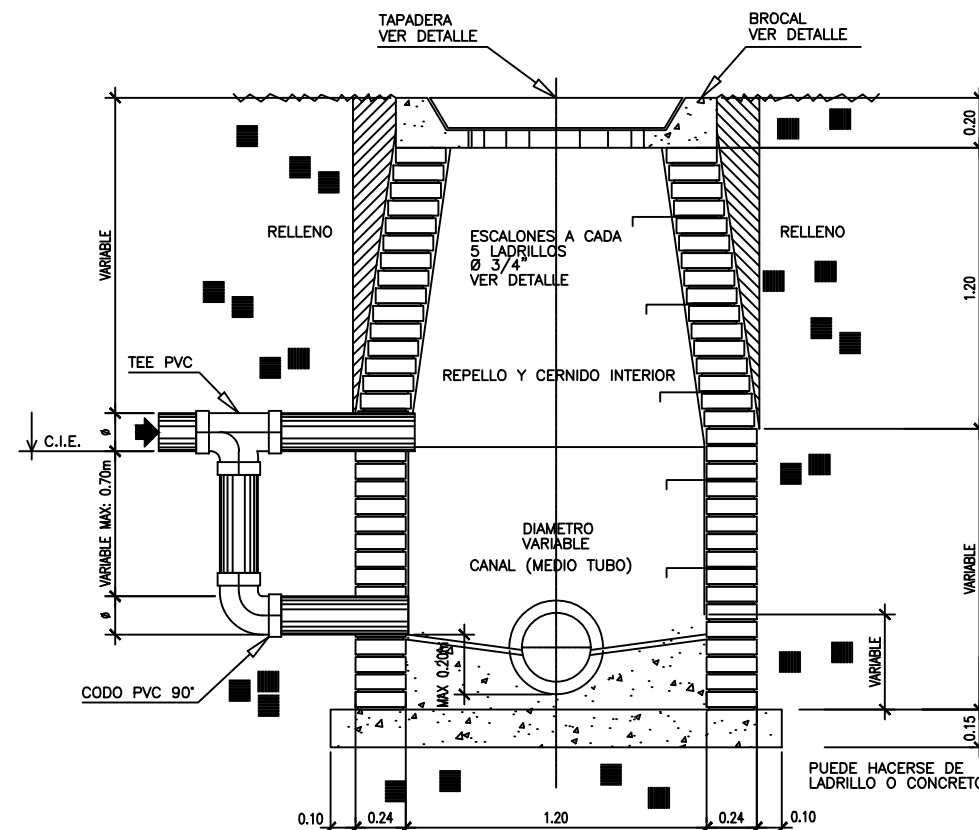
CALCULÓ Y DISEÑÓ:
PEDRO QUEJ SORIA

PLANO NO.
14 DE
16



SECCIÓN A-A' H > 1.20m

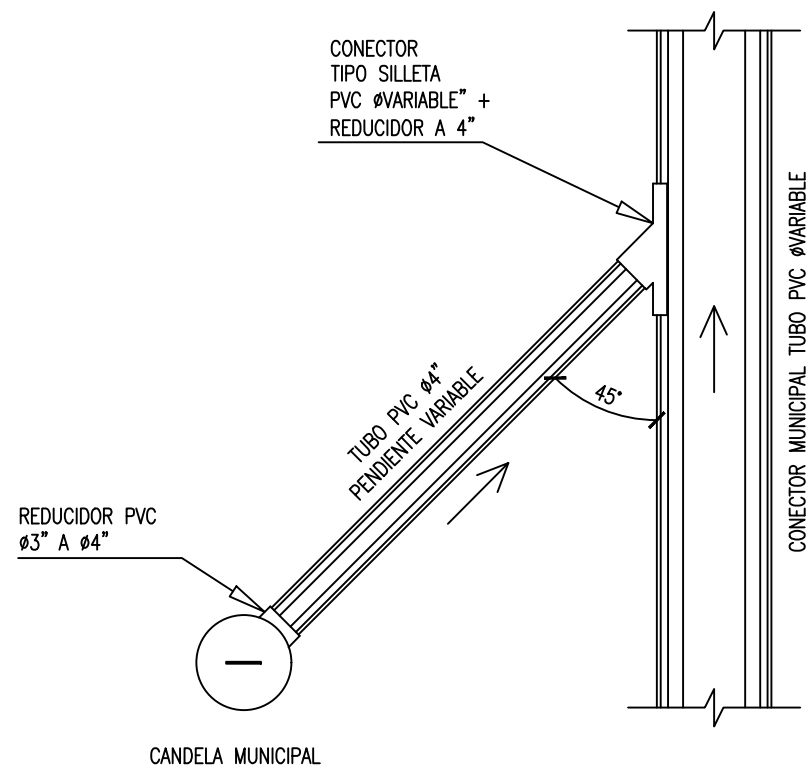
ESCALA: 1:30



SECCIÓN D-D' POZO CON CAÍDA

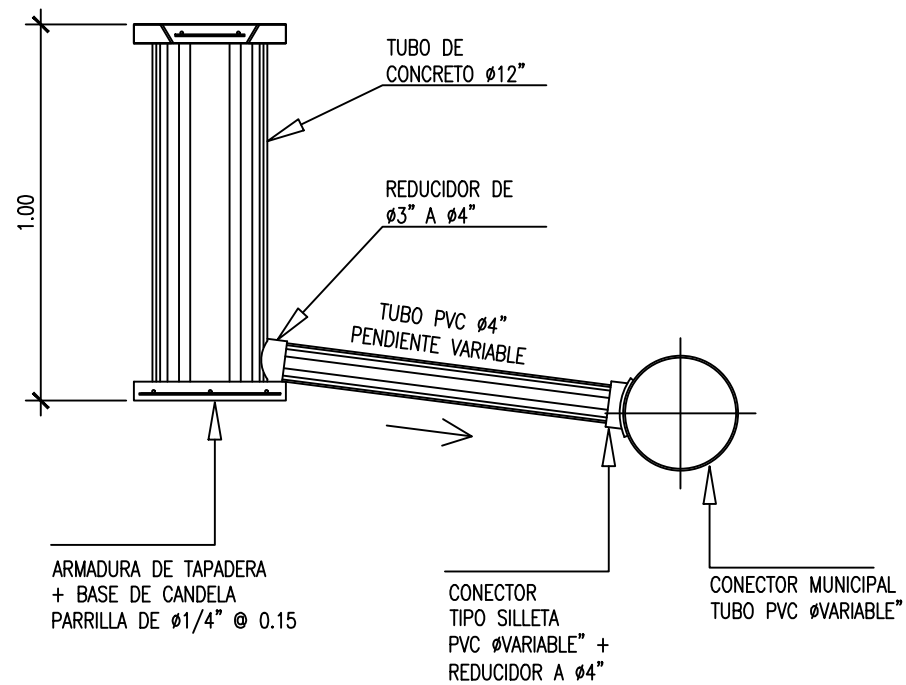
ESCALA: 1:30

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ	
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: DETALLES POZO DE VISITA
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 14 DE 16
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	



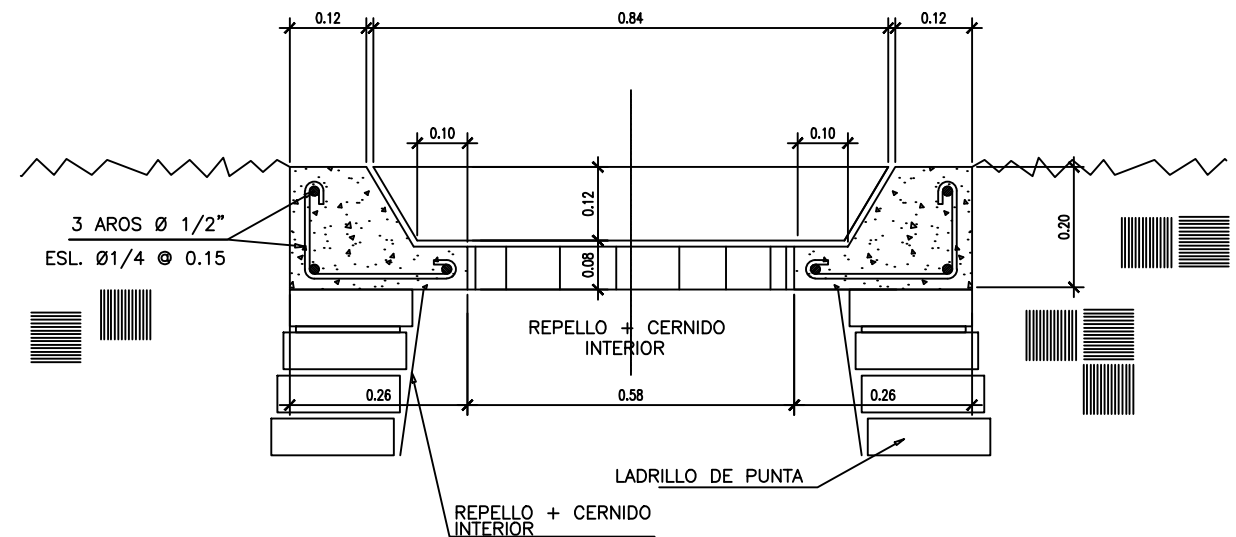
PLANTA ACOMETIDA DOMICILIAR

ESCALA: 1:20



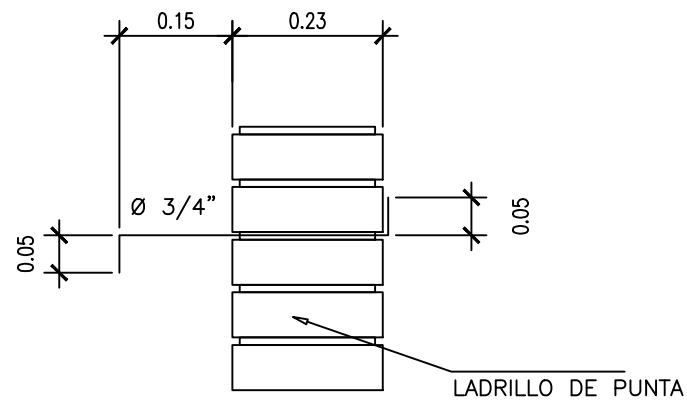
PERFIL ACOMETIDA DOMICILIAR

ESCALA: 1:20



DETALLE BROCAL DE POZO

ESCALA: 1:15



DETALLE DE ESCALÓN

ESCALA: 1:10

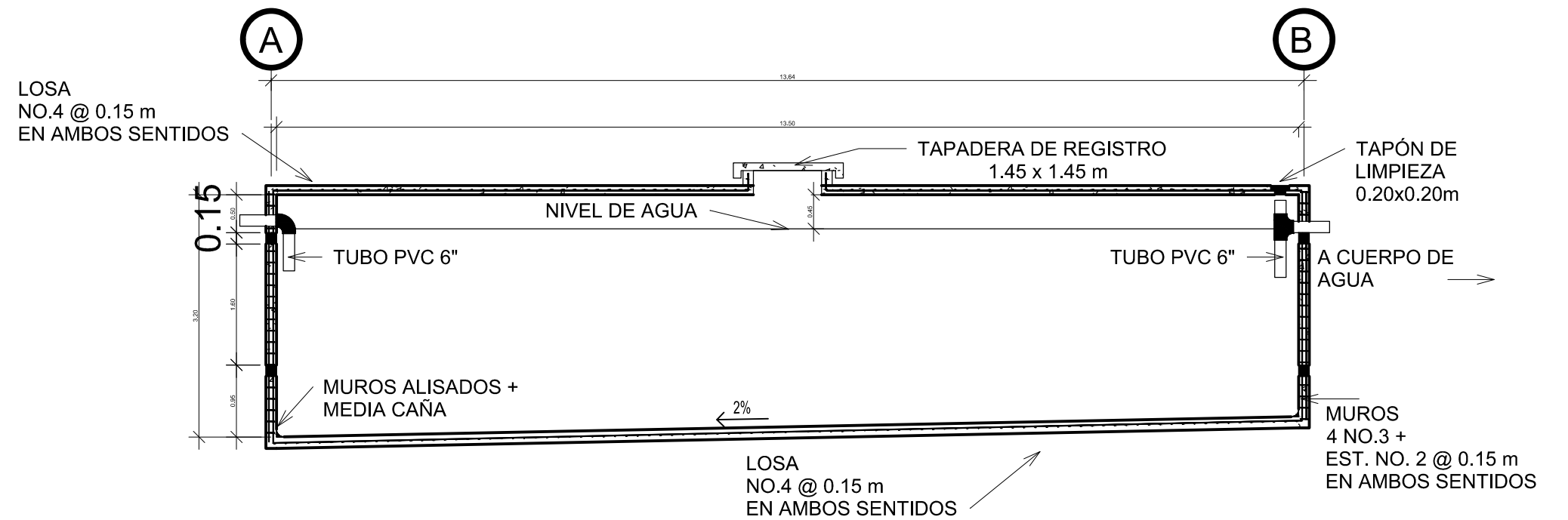
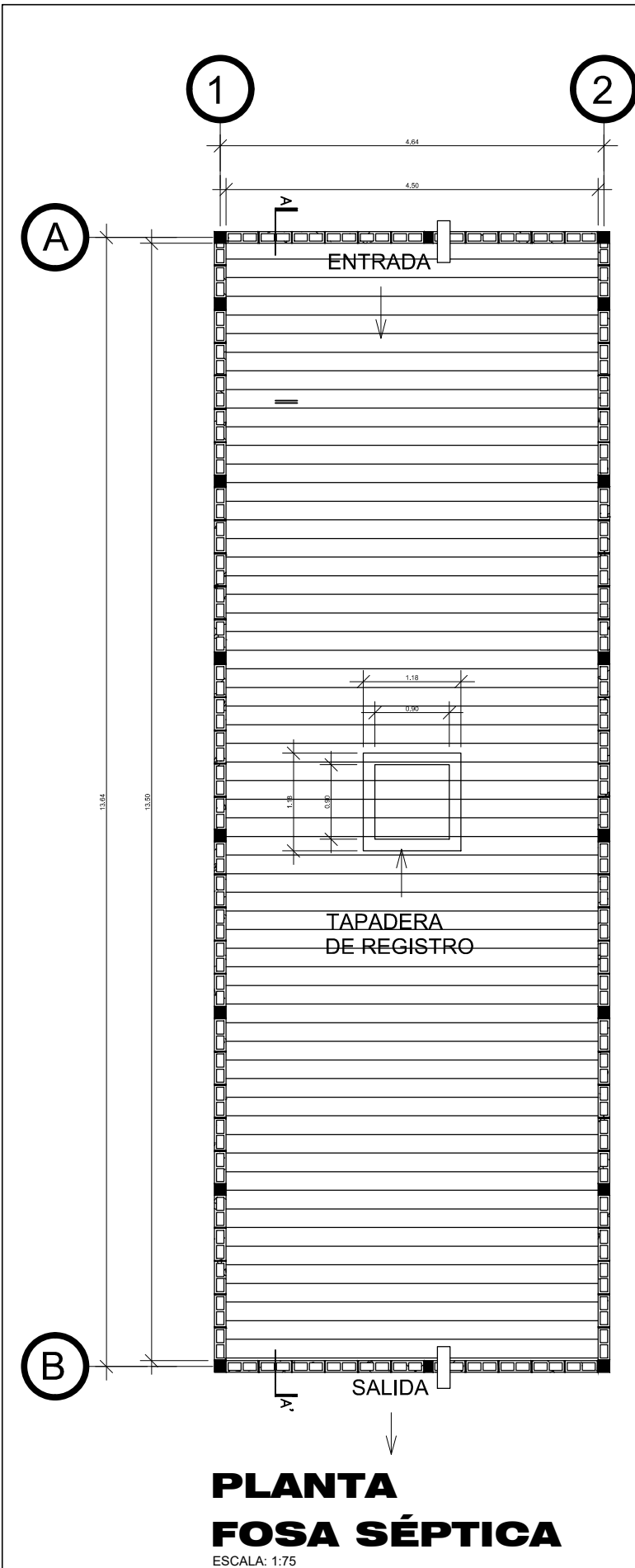
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON PROPORCIÓN 1:2:3:5.
3. EL MORTERO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN 1:3.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN USARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACIÓN.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ	
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: DETALLES DE ACOMETIDA DOMICILIAR
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 15 DE 16
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. LAS TAPADERAS DE LAS FOSAS SÉPTICAS DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON PROPORCIÓN 1:2:3:5.
3. EL MORTERO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN 1:3.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LAS FOSAS SÉPTICAS DEBERÁN USARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACIÓN.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO ESQUIPULAS, SAN CRISTÓBAL VERAPAZ		
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: SAN CRISTÓBAL VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	
FECHA: AGOSTO 2021	CONTENIDO: DETALLES DE FOSA SÉPTICA	
DIBUJÓ: PEDRO QUEJ SORIA	PLANO NO. 16 DE 16	
CALCULÓ Y DISEÑÓ: PEDRO QUEJ SORIA		

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de límites de Atterberg

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME No. 299 S.S. O.T.: 38,785 **No. 15553**

Interesado: Pedro Ernesto Quej Soria
Proyecto: EPS "Diseño de la carretera hacia la Aldea Las Pacayas, San Cristobal Verapaz"
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90
Ubicación: Municipalidad de San Cristobal Verapaz, A.V.
FECHA: martes, 31 de julio de 2018

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	ML	Grava con arena limosa color gris

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

 **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

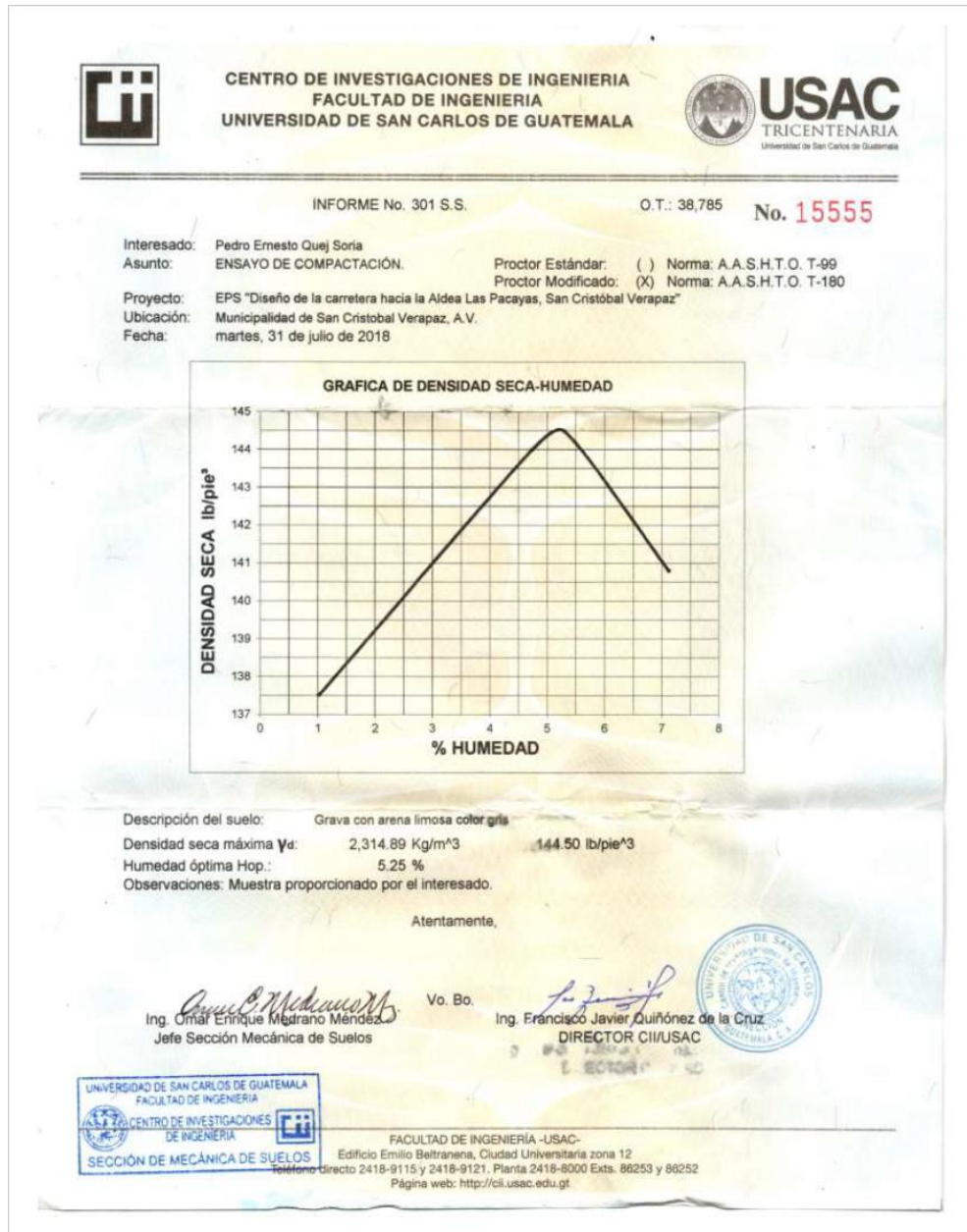
Vo.Bo. 
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrama, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exta. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Usac.

Anexo 3. Ensayo de compactación (proctor modificado)



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Usac.

Anexo 4. Ensayo de razón soporte California (CBR)



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME No. 302 S.S.

O.T. No. 38,785

No. 15556

Interesado: Pedro Ernesto Quej Soria
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de la carretera hacia la Aldea Las Pacayas, San Cristóbal Verapaz"
 Ubicación: Municipalidad de San Cristóbal Verapaz, A.V.
 Descripción del suelo: Grava con arena limosa color gris
 Fecha: martes, 31 de julio de 2018

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	5.25	130.55	90.3	0.24	5.30
2	25	5.25	139.50	96.5	0.00	92.07
3	56	5.25	142.59	98.7	0.00	120.00



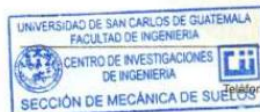
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar Enrique Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.

Francisco Javier Quiñones de la Cruz
 Ing. Francisco Javier Quiñones de la Cruz
 DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Usac.