



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

**DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP
V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ**

Victor Rudy Aguilar Quemé

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP
V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VICTOR RUDY AGUILAR QUEMÉ

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
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 DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP
V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de agosto 2014.



Victor Rudy Aguilar Quemé

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 06 de mayo de 2015
Ref.EPS.DOC.349.05.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Victor Rudy Aguilar Quemé** con carné No. **9012520**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
23 de julio de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Víctor Rudy Aguilar Quemé, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
8 de mayo de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Victor Rudy Aguilar Quemé, con Carnet No. 9012520, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 23 de julio de 2015
Ref.EPS.D.348.07.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Victor Rudy Aguilar Quemé, carné 9012520**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS

SJRS/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Victor Rudy Aguilar Quemé, titulado **DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

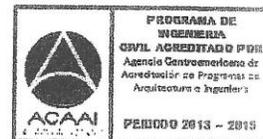

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.465.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISIS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ**, presentado por el estudiante universitario: **Victor Rudy Aguilar Quemé**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, septiembre de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por estar siempre conmigo y ser el manantial en donde mis penas y tristezas se cristalizan, y mis alegrías se hacen aún mayores.

Mis padres

Victor Aguilar Sum y Fidelia Quemé Chojolán de Aguilar, por ser el árbol firme, cuyas ramas me cobijaron y me brindaron su cariño, apoyo, consejos, comprensión y sacrificios para así alcanzar hoy una de mis mayores metas y que el triunfo alcanzado sirva de una mínima recompensa a sus múltiples sacrificios.

Mis hermanos

Irma, Amelia, Wotzbeli, Mario, Fredy, Rosaura, Verónica, Floridalma y Maynor Aguilar, mil gracias por su apoyo, comprensión, consejos, confianza hacía mi persona y por estar siempre conmigo en los momentos alegres y difíciles de mi vida.

Mi esposa

Telma Elizabet de Aguilar, por estar siempre apoyándome.

Mis hijos

Kevin Marioeduardo, Andrea Abigail y Victor Daniel Aguilar, por ser la alegría de mi vida.

Mis cuñados

En agradecimiento a su apoyo.

Mis sobrinos

Que la meta que hoy alcanzo, les sirva de ejemplo, y comprendan que después de un duro camino hay una gran recompensa.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por darme vida y guiarme en el buen camino.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Que me albergó en sus instalaciones y fue testigo de los momentos más felices de mi vida estudiantil.

Mis hermanas

Verónica Margoth, Floridalma Judith, por estar brindándome la confianza, su sabiduría en todos los momentos de mi vida y apoyarme incondicionalmente.

Mi sobrino

Mynor Eduardo, recordándolo siempre y también las palabras de él cuando me graduaría.

Mi eterna Xelajú

Tierra que me vio nacer y que hoy me recibe en sus brazos como un profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MONOGRAFÍA DE SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Origen del nombre	1
1.1.2. Ubicación y localización.....	1
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Topografía	5
1.1.5. Población	6
1.1.6. Producción.....	6
1.1.7. Servicios existentes	7
1.2. Principales necesidades del municipio	7
1.2.1. Priorización de necesidades	8
2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISÍS, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ	9
2.1. Descripción del proyecto	9
2.2. Estudios topográficos	9
2.2.1. Planimetría.....	10
2.2.2. Altimetría.....	10

2.3.	Diseño geométrico	10
2.3.1.	Alineamiento horizontal	10
2.3.1.1.	Curvas horizontales.....	11
2.3.1.2.	Curvas de transición.....	14
2.3.1.3.	Peralte y bombeo	15
2.3.1.4.	Sobrecancho.....	15
2.3.2.	Alineamiento vertical	18
2.3.2.1.	Subrasante	19
2.3.2.2.	Pendientes	19
2.3.2.3.	Curvas verticales.....	20
2.3.2.4.	Corrección a subrasante	23
2.4.	Seccionamiento transversal	26
2.5.	Movimiento de tierras.....	26
2.5.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales	26
2.5.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	26
2.6.	Diseño de drenajes	28
2.6.1.	Drenaje transversal	29
2.6.2.	Drenaje longitudinal.....	33
2.6.3.	Diseño de cunetas.....	33
2.7.	Estudio de suelos para la subrasante	38
2.7.1.	Límites de Atterberg	39
2.7.2.	Granulometría	40
2.7.3.	Compactación (Proctor).....	41
2.7.4.	Valor soporte del suelo CBR	41
2.8.	Diseño de pavimento rígido.....	43
2.8.1.	Método de PCA	44
2.8.2.	Diseño de mezcla	53
2.8.3.	Juntas.....	59
2.9.	Evaluación de impacto ambiental.....	61

2.10.	Elaboración de planos y detalles	63
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ	65
3.1.	Descripción del proyecto	65
3.2.	Estudios topográficos	65
3.2.1.	Planimetría.....	66
3.2.2.	Altimetría.....	66
3.3.	Partes de un alcantarillado	67
3.3.1.	Colector principal	67
3.3.2.	Pozos de visita.....	67
3.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	69
3.4.	Período de diseño	71
3.5.	Población futura.....	71
3.6.	Determinación de caudales	72
3.7.	Fundamentos hidráulicos.....	75
3.7.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales	76
3.7.2.	Relaciones hidráulicas.....	76
3.8.	Parámetros de diseño hidráulico	81
3.9.	Obras complementarias.....	82
3.9.1.	Conexiones domiciliarias.....	82
3.9.2.	Colector	82
3.9.3.	Pozos de visita.....	84
3.10.	Ejemplo de diseño de un tramo	87
3.11.	Evaluación socioeconómica	90
3.11.1.	Valor presente neto	90
3.11.2.	Tasa interna de retorno	91
3.12.	Propuesta de tratamiento	91

3.12.1.	Diseño de fosas sépticas.....	92
3.12.2.	Dimensionamientos de los pozos de absorción	93
3.13.	Evaluación de impacto ambiental.....	93
3.14.	Elaboración de planos y detalles.....	96
CONCLUSIONES.....		97
RECOMENDACIONES		99
BIBLIOGRAFÍA.....		101
APÉNDICES.....		103
ANEXOS.....		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del municipio de Santa Cruz del Quiché.....	2
2.	Mapa del municipio de Santa Cruz del Quiché	3
3.	Humedad y precipitación, municipio de Santa Cruz del Quiché.....	4
4.	Diagrama de temperatura el municipio de Santa Cruz del Quiché.....	5
5.	Elementos de curva circular	12
6.	Elementos de curva circular grado de curvatura	13
7.	Sección de una curva vertical	18
8.	Detalle de curvas verticales	20
9.	Volumen entre secciones de diferente tipo	27
10.	Sección del mapa de la cuenca drenaje crítico	29
11.	Sección del mapa de la cuenca cuneta crítica	34
12.	Cuneta de sección trapezoidal	36
13.	Detalles de la cuneta.....	38
14.	Pozo de visita.....	68
15.	Conexión domiciliar	70
16.	Caso especial de cota invert	86

TABLAS

I.	Resumen diseño geométrico, curvas horizontales.....	17
II.	Valores de K, según velocidad de diseño	22
III.	Diseño de las curvas verticales.....	25

IV.	Calidad de la subrasante	39
V.	Clasificación de vehículos por categoría de cargas por eje	46
VI.	Determinación de la reacción K por medio del CBR	48
VII.	Valores de k para diseño sobre bases granulares	49
VIII.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k.....	50
IX.	TPDC permisible. Carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas de trave por agregados	51
X.	Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie	52
XI.	Resistencia a compresión media requerida cuando no hay datos disponibles para establecer la desviación estándar.....	53
XII.	Dependencia entre la relación agua/mineral cementante y la resistencia a compresión del concreto.....	54
XIII.	Requerimientos de agua para mezcla y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado grueso.....	55
XIV.	Volumen de agregado grueso por volumen unitario de mezcla de concreto fresco	57
XV.	Matriz de Leopold	62
XVI.	Presupuesto.....	63
XVII.	Cronograma de ejecución e inversión.....	64
XVIII.	Relación hidráulica para sección circular	79
XIX.	Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro (m).....	84
XX.	Profundidad mínima de cota invert (m)	86
XXI.	Matriz de Leopold	95
XXII.	Presupuesto.....	96
XXIII.	Cronograma de ejecución e inversión.....	97

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Qcom	Caudal comercial
Qci	Caudal de conexiones ilícitas
Q	Caudal de diseño
Qdom	Caudal domiciliar
Qinf	Caudal de infiltración
Qind	Caudal industrial
Q	Caudal a sección llena
Cm	Centímetro
Cd	Coefficiente de drenaje
J	Coefficiente de transmisión de cargas
D	Diámetro de tubería
DH	Distancia horizontal
D	Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
Fqm	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmond
FS	Factor de seguridad
Hab	Habitantes
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
Kg	Kilogramos
Lts	Litros
Lts/hab/día	Litros por habitante por día
Lts/s	Litros por segundo
PVC	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo

M	Metros
Msnm	Metros sobre nivel del mar
Mm	Milímetros
EC	Módulo de elasticidad del concreto
K	Módulo de reacción de la subrasante
CBR	Razón soporte california, por sus siglas en inglés (California Bearing Ratio)
q/Q	Relación caudal / caudal a sección llena
Mr	Resistencia media del concreto a flexo tracción
s	Segundos
SCU	Sistema unificado de clasificación de suelo
S	Pendiente
PV	Pozo de visita
PU	Precio unitario
d	Tirante del flujo en tubería
d/D	Tirante de flujo/tirante de flujo a sección llena

GLOSARIO

AASHTO	American Association of Highways and Transportation Officials.
Agregados	Material granular inerte, significa que no reacciona con otros y que al mezclarse con la pasta de cemento, forma concreto o mortero.
Aguas negras	Agua que se ha utilizado en actividades domésticas, comerciales o industriales.
Alcantarillado	Conducto subterráneo o sumidero construido para recoger las aguas residuales y darles paso.
Altimetría	Parte de la topografía que trata sobre la medida de alturas.
Ángulo	Es la menor o mayor abertura que forman entre sí dos líneas o dos planos que se cortan. Las líneas que forman el ángulo se llaman lados y el punto de encuentro, vértice. Se mide en grados o en radianes.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde cero a 360 grados.

Base	Capa del pavimento construida para absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos; además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la subbase y al terreno de fundación.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje, para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.
Bordillos	Estructuras de concreto simple que se construyen en en uno o en ambos lados de una carretera, sirve para el ordenamiento del tránsito y seguridad del usuario.
Camino	Carretera cuya función es de acceso; es parte de una red de vías con accesibilidad por las propiedades colindantes o dentro de limitada área de influencia, modesta demanda de tránsito, y baja velocidad de operación.
Carretera	Vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía.
Carril	Superficie de rodamiento, el cual tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.

Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y conduce el sistema de drenaje.
Caudal	Cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo que pasa en un punto determinado donde circula un líquido.
Caudal de diseño	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce los drenajes de la población al lugar de descarga.
Compactación	Acción de lograr que un material alcance una textura apretada o maciza.
Concreto	Material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas de cemento, arena, pedrín y agua.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector principal.
Cotas invert	Cota o altura de la parte inferior e interior del tubo ya instalado.

Cuneta	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.
Curva de nivel	Línea que une puntos de una misma elevación, sin pasar sobre otra.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Descarga	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas, pueden ser servidas o pluviales.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
Factor de rugosidad	Factor que expresa qué tan lisa es una superficie.
Fosa séptica	Depósito cubierto y hermético, diseñado para que las aguas negras se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado, durante el cual se efectúa un proceso anaerobio de eliminación de sólidos sedimentables.
Fórmula Manning	Ecuación para determinar la velocidad de un flujo en un canal abierto; esta fórmula se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.

Pavimento	Estructura que descansa sobre el terreno de base de fundación o subrasante; formada por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura.
Plasticidad	Propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite.
Pozo de visita	Obra accesoria de un sistema de alcantarillado, que permite el acceso al colector, cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
Red de alcantarillado	Red de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias, que sirven para desalojar aguas negras.
Rasante	Nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
Sección típica	Sección que permanece uniforme, la mayoría de veces, en toda la extensión de una carretera.
Subbase	Capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante e inmediatamente debajo de la base, con el objetivo de evitar que la humedad, cualquiera que sea su procedencia, debajo de la subrasante, afecte seriamente el material de base o para sustituir material no adecuado que exista en la subrasante.

Subrasante	Nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento (subbase y carpeta) de una carretera o camino.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.
Topografía	Ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objetivo la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles.

RESUMEN

Una de las grandes necesidades que aquejan al municipio de Santa Cruz del Quiché, en cuanto a infraestructura, se observa en las carreteras, ya que por falta de estas el costo del transporte es elevado, tanto de las personas como de las cosechas, lo cual incrementa el precio de los productos y repercute en el coste de vida de las personas de este municipio. Además, en varios sectores es necesaria la implementación de drenajes sanitarios para evitar enfermedades gastrointestinales.

En el capítulo uno se describe la monografía del lugar, los aspectos físicos, ubicación, geografía, clima, topografía, su actividad económica, comercial y de productividad.

En el capítulo dos se presenta la planimetría y altimetría, para definir una longitud de 2 583,51 m de largo y de 5 m de ancho. Asimismo, se procedió al muestreo de la subrasante, para las propiedades del suelo por medio de los ensayos de laboratorio y diseñar el pavimento rígido.

Para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA, llegando a proponer una ligera estabilización del suelo de 10 cm de base, con un espesor de losa de 15 centímetros, cunetas y un bombeo pluvial del 3 %.

Se mencionan las generalidades de los sistemas de alcantarillado sanitario, así como las consideraciones sobre la planificación de un sistema de drenajes; se incluye además, el listado de materiales, presupuesto, cronograma de ejecución y los planos finales para la ejecución de los proyectos.

OBJETIVOS

General

Diseñar el pavimento rígido para el caserío Chuiquisís y el sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Xatinap V, Santa Cruz del Quiché, Quiché.

Específicos

1. Recopilar los datos sobre las necesidades de servicios, la infraestructura, características sociales, económicas de los lugares en los que se realizarán los proyectos.
2. Capacitar a las personas para los cuidados y recomendaciones de utilización de los proyectos, así como la lectura e interpretación de planos de construcción a los trabajadores.
3. Mostrar la importancia del mantenimiento de los proyectos mencionados con anterioridad para prolongación de su vida útil.

INTRODUCCIÓN

El diseño del pavimento rígido para el caserío Chuiquisís y sistema de alcantarillado sanitario, cantón Xatinap V, Santa Cruz del Quiché, Quiché, representa un avance en la infraestructura del municipio de Santa Cruz del Quiché, para que la vía a pavimentar sea transitable en cualquier época del año, además, que los conduzca hacia el casco urbano, ya que una de sus principales fuentes de trabajo es el comercio. Asimismo, el sistema de alcantarillado sanitario, para contrarrestar el alto índice de enfermedades gastrointestinales y contribuir a mejorar el estilo de vida de sus habitantes. El desarrollo del proyecto tiene impactos económicos, sociales y ambientales positivos, además es un aporte a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Para lograr satisfacer los propósitos del diseño de los dos proyectos, este trabajo comprende estudios previos de los mismos, los cuales abarcan la topografía, estudio de suelos y datos poblacionales para poder realizar un diseño con especificaciones técnicas de diseño y construcción.

Se presenta el diseño de los proyectos de pavimento rígido, alcantarillado sanitario con sus respectivos presupuestos, cronograma de ejecución y los planos.

1. MONOGRAFÍA DE SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ

1.1. Generalidades

El territorio de Santa Cruz del Quiché, en su parte central, estuvo habitado por pueblos que tenían el nombre de WukAmak en el siglo XIII. Estos pueblos fueron conquistados por guerreros de origen tolteca procedentes del área de Tabasco y Veracruz por el Golfo de México, quienes se impusieron sobre los habitantes originales, los hablantes de k'iche', de ellos tomaron su idioma y estaban integrados en cuatro grupos, encabezados por cuatro caudillos: Balam Quitzé, Balam Acab, Iqui Balam y Majucutaj, de donde se origina Quiché.

1.1.1. Origen del nombre

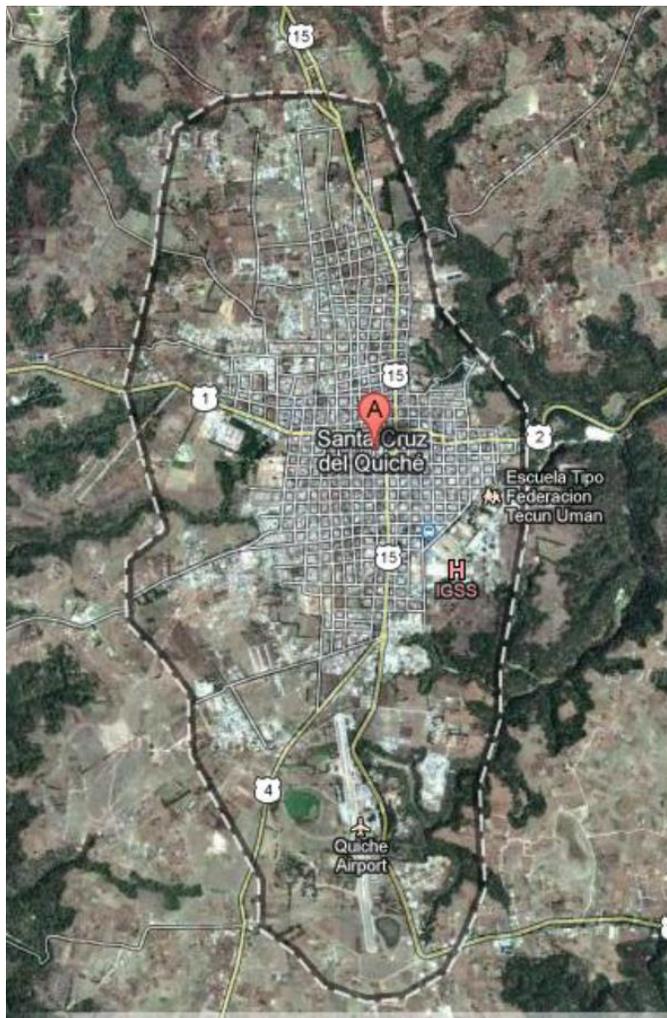
El nombre de Santa Cruz del Quiché proviene de la combinación de vocablos k'iche's y de la religiosidad católica. Inicialmente, Quiché proviene de las voces del idioma *k'iche' k'i*, o *kií*, que significa muchos y de *che*, que significa árbol, lo que traducido al idioma castellano significa: muchos árboles y por aproximación, región de muchos árboles.

1.1.2. Ubicación y localización

El departamento de Quiché está ubicado en la Región VII o noroccidental de Guatemala, limitada al norte con México; al sur con los departamentos de Chimaltenango y Sololá; al este con los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz; y al oeste con los departamentos de Totonicapán y Huehuetenango, su cabecera departamental es Santa Cruz del Quiché y el municipio de Santa

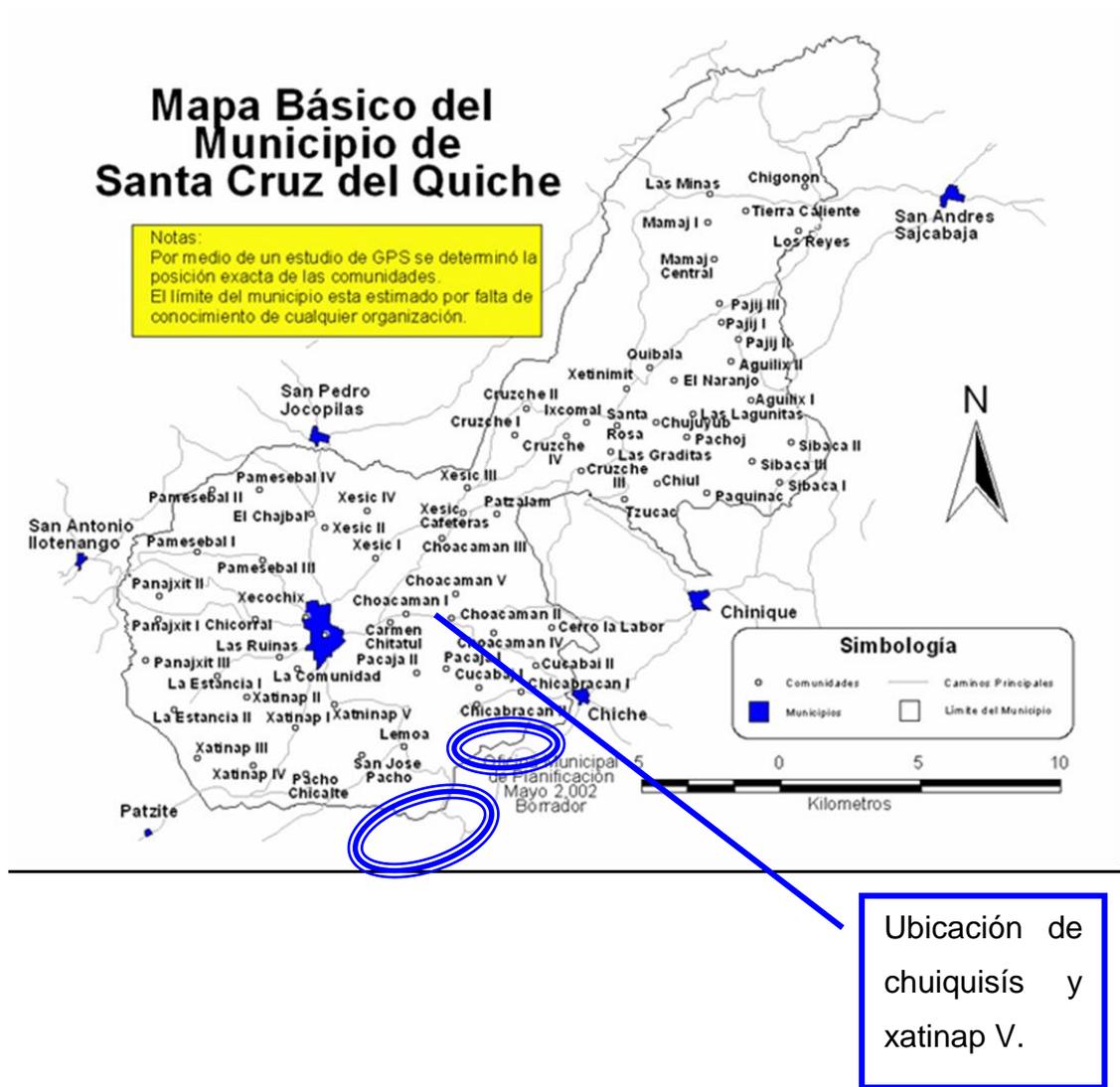
cruz del Quiché se encuentra a una distancia de 163 kilómetro de la ciudad capital de Guatemala.

Figura 1. **Localización del municipio de Santa Cruz del Quiché**



Fuente: Google Earth. <maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=wl>.
[Consulta: 18 de junio de 2014.]

Figura 2. Mapa del municipio de Santa Cruz del Quiché



Fuente: Google Earth. <maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=wl>.

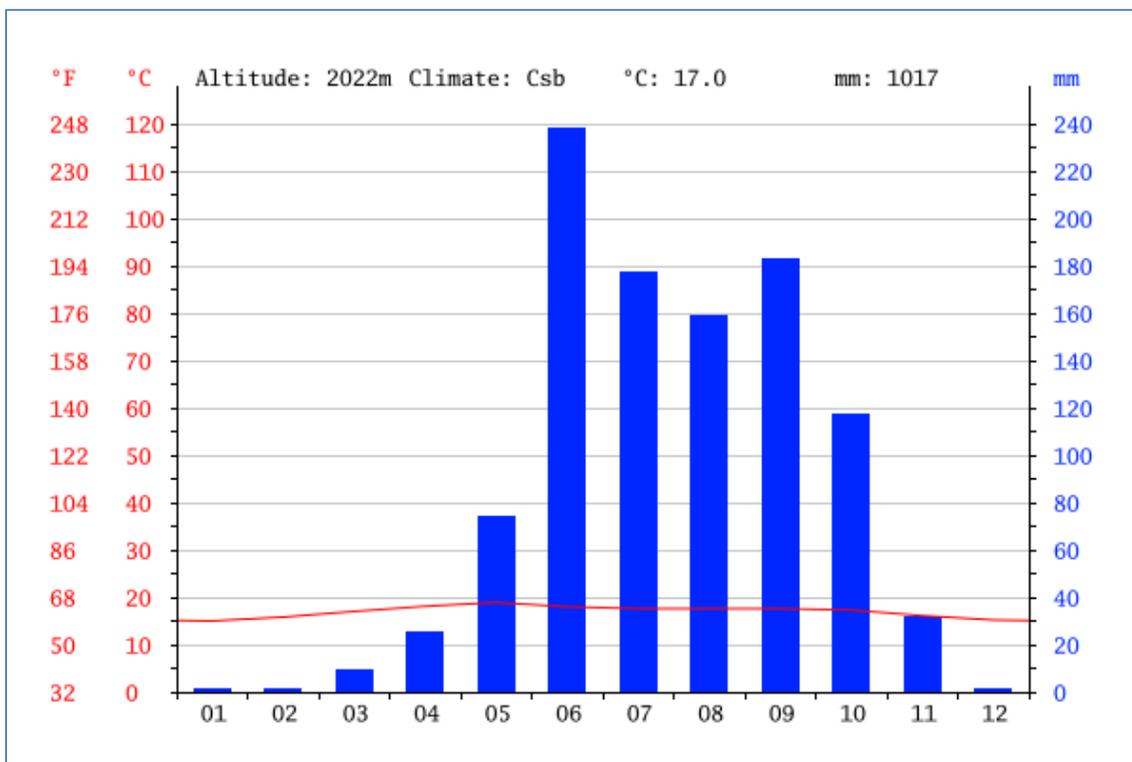
[Consulta: 23 de junio de 2014.]

1.1.3. Clima

Las temperaturas promedio del municipio se encuentran entre los 15 y 18 grados centígrados en las zonas promedio altas y bajas. En las zonas

montañosas del sur y norte del municipio, las temperaturas promedio están entre 11 y 15 grados centígrados. Las precipitaciones son de 1017 mm al año. Extensión territorial 128 km², habitantes 90 890, densidad 710,08 hab/km², altitud media 2 021 msnm.

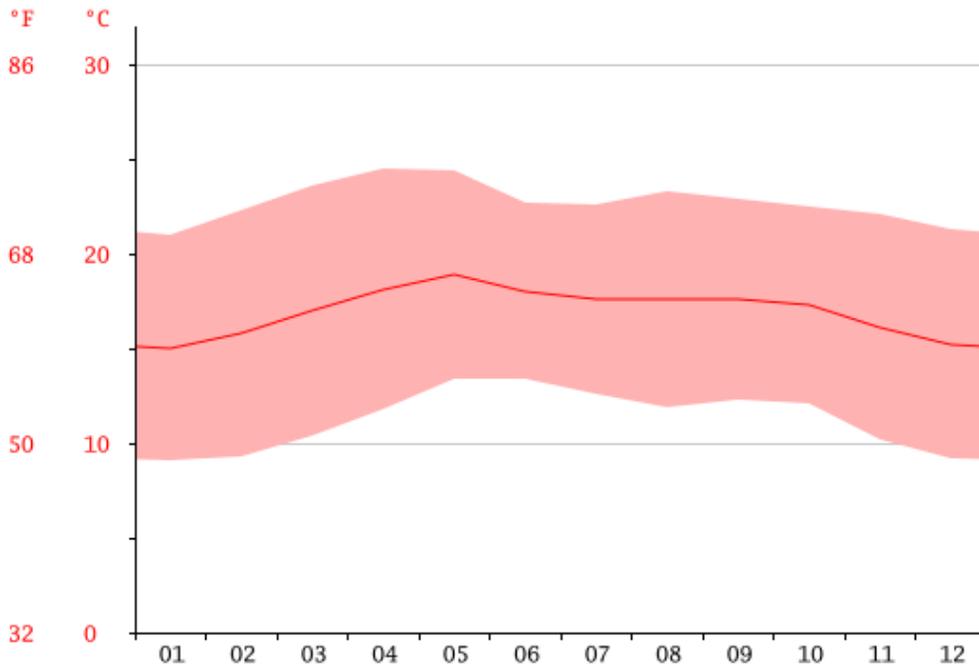
Figura 3. **Humedad y precipitación, municipio de Santa Cruz del Quiché**



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

El mes más seco es enero, la velocidad del viento promedio anual está en el rango de 5 a 10 km/h. El nivel de insolación en promedio anual va de 2 200 a 2 400 horas de brillo solar. El nivel de humedad relativa promedio anual está en el rango de 70 % a 80 %. Promedio de días lluviosos 120.

Figura 4. **Diagrama de temperatura del municipio de Santa Cruz del Quiché**



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

1.1.4. Topografía

La característica topográfica alrededor del municipio de Santa Cruz del Quiché es accidentada, teniendo regiones montañosas, quebradas y planicies. La superficie donde se encuentra asentado el municipio está constituida con pendientes poco pronunciadas. Predominan los suelos profundos de textura pesada y bien drenada de color gris. La pendiente es apta para cultivos permanentes y anuales. El potencial es para frutales, hortalizas, cereales, frijol, bosque para leña y especies maderables.

1.1.5. Población

El municipio de Santa Cruz del Quiché se caracteriza por ser predominantemente rural, la población femenina supera a la masculina, destaca también la población joven, es un municipio multiétnico y plurilingüe, siendo estas dos últimas características, los indicadores de riqueza cultural del municipio.

Cuenta con una población total al 2009 de 90 890 habitantes; divididos en área urbana con el 33 % y rural 67 %, de los cuales el 48 % son hombres y el 58 % mujeres. Siendo la distribución por grupo étnico de un 83 % indígena y un 17 % ladina; la población indígena en un alto porcentaje habla su idioma materno, el k'iche" y el idioma oficial castellano, que es hablado por la población en general.

1.1.6. Producción

La principal actividad económica del municipio lo constituye la agricultura, caracterizada mayormente por el cultivo de productos tradicionales como: maíz, frijol, verduras, legumbres y frutas; cuya producción se destina casi en su totalidad para el autoconsumo y un pequeño excedente que se comercializa en el mercado local. También tiene importancia económica la ganadería familiar, la artesanía, el comercio y el transporte.

Producción artesanal: la cabecera cuenta con artesanos de todo tipo, desde los que crean pequeñas obras en barro, hasta los que trabajan muebles de madera, actualmente no existe un mercado de artesanía, la mayoría de personas, por no existir la misma infraestructura se limitan a venderla en el

mercado general, por lo que la llevan hacia Chichicastenango, por su afluencia de turismo.

Producción pecuaria: en el municipio se desarrolla la crianza de ganado vacuno, caballar ovino y caprino, cuya producción se destina para comercializar en el mercado local y una mínima parte para el autoconsumo.

1.1.7. Servicios existentes

Santa cruz del Quiché cuenta con un centro de salud en la cabecera municipal, con asistencia médica a las comunidades de todo el municipio, hay estaciones de policía que brindan el servicio de seguridad a sus pobladores, estación de bomberos para la atención de accidentes, desastres o emergencias. Hospedaje para una agradable estancia en el municipio, se pueden encontrar varios hoteles. El transporte, por ser cabecera departamental, el municipio cuenta con una terminal de buses extraurbanos con destino a otros departamentos y municipios del mismo. Para el desplazamiento en el área urbana existen microbuses, con un costo actual de un Q 1,00 y los llamados toritos o tuc-tuc con un precio de Q 5,00 en el día y Q 10,00 por las noches.

1.2. Principales necesidades del municipio

Santa Cruz del Quiché tiene varias necesidades que afectan su desarrollo integral, entre las necesidades que presenta el municipio se encuentran: educación, salud, vías de comunicación, saneamiento, infraestructura productiva, energía eléctrica, agua potable, entre otros. En salud es necesario mejorar las condiciones de salud de la población, a través de la construcción de centros que brinden asistencia médica. En saneamiento, la construcción de sistemas de tratamiento de desechos sólidos. Con la problemática de agua

potable, se requiere la construcción de sistemas de agua potable y el mejoramiento de las existentes. En educación se requiere la construcción de centros educativos y el mantenimiento de lo que existe.

1.2.1. Priorización de necesidades

La falta de vías de comunicación debidamente pavimentadas es un problema que se debe resolver. El acceso a las comunidades es difícil, principalmente en época de invierno, porque los caminos se vuelven intransitables, afectando el comercio y otras actividades. Otro de los problemas a resolver, es la evacuación de las aguas residuales de origen doméstico, por medio de un sistema de alcantarillado sanitario que pueda servir a las comunidades. Por lo que se plantea la necesidad de planificar los sistemas de alcantarillado sanitario que recolecten las aguas provenientes de las viviendas y las conduzca a través de colectores, para luego ser vertidas a una planta de tratamiento.

2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO CHUIQUISÍS, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ

2.1. Descripción del proyecto

Una de las mayores necesidades de Santa Cruz del Quiché, Quiché es contar con caminos en buen estado para el traslado de la población y de sus productos, ya que la región es principalmente agrícola y comercial, y en el caso del caserío Chuiquisís esto se pone de manifiesto, pues se cuenta con un acceso por medio de un camino de terracería; el cual actualmente no satisface a toda la población, por lo que se prioriza mejorar el tramo carretero en dicho caserío, ya que no se cuenta con la infraestructura correspondiente.

La pavimentación será de 2 671 metros de longitud y un ancho de 5 metros, se debe de considerar la ubicación de los bancos de materiales tanto para la capa de la base como la carpeta de rodadura, ubicando un banco de materiales a una distancia prudente del lugar a pavimentar, obteniendo arena de río, arena roja, pedrín y selecto para poder trabajar eficientemente.

2.2. Estudios topográficos

La base fundamental en un proyecto vial es la topografía. La aplicación de la planimetría y altimetría es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen las condiciones geométricas del lugar antes del diseño y luego para la ejecución del proyecto.

2.2.1. Planimetría

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la Tierra, tomando como referencia el norte para su orientación. En la medición de planimetría de los proyectos se utilizó el método de conservación del azimut, utilizando para ello un teodolito de precisión marca Pentax, una plomada, estadal, trípode, cinta métrica y estacas.

2.2.2. Altimetría

Es la medición de la altura de una superficie de la Tierra, con el fin de representarla gráficamente, para que juntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones, para conocer las alturas y forma del terreno en el sentido vertical.

2.3. Diseño geométrico

Una vez seleccionada la ruta y fijados los puntos del alineamiento horizontal en papel, se procede al trazo de la línea preliminar entre dichos puntos ya en el terreno.

2.3.1. Alineamiento horizontal

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir y constituyen la guía fundamental a la cuadrilla de topografía para el trazo de la carretera, debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo, uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme.

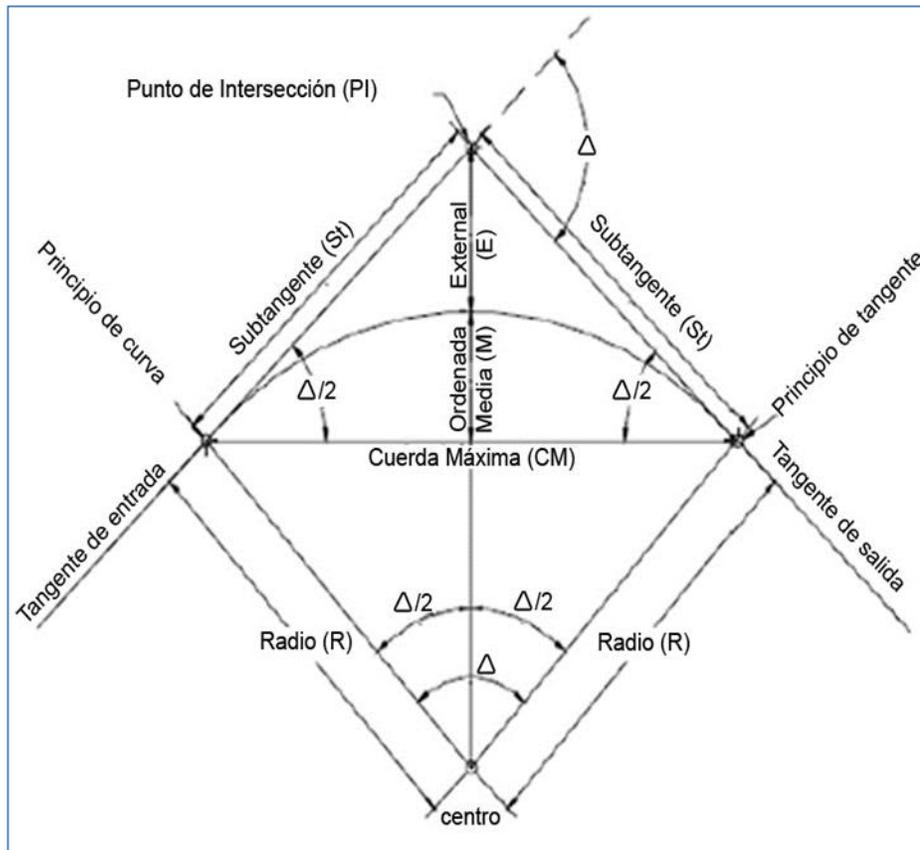
Los elementos que definen al alineamiento horizontal son los siguientes:

- Tangentes: son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal que unen a las curvas circulares.
- Curvas circulares: proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.

2.3.1.1. Curvas horizontales

Entre una y otra tangente requiere el empleo de curvas horizontales, por lo que es necesario estudiar el procedimiento para su realización, estas se calculan y se proyectan según las especificaciones del camino y requerimientos de la topografía.

Figura 5. Elementos de curva circular



PI = punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC = punto donde comienza la curva circular simple

PT = punto en donde termina la curva circular simple

O = Centro de la curva circular

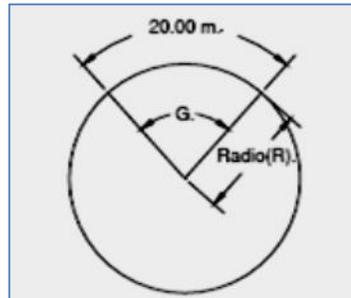
Δ = ángulo de deflexión de la tangente

Δ = ángulo central de la curva circular

G = grado de curvatura: corresponde al ángulo central que subtiende un arco de 20 mts.

Fuente: Dirección General de Caminos.

Figura 6. **Elementos de curva circular grado de curvatura**



Fuente: Dirección General de Caminos.

R = radio: se obtiene de la ecuación de grado de curvatura.

ST = subtangente: 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 (PI) y el principio de tangencia (PT) es igual.

E = external: distancia desde el PI al punto medio de la curva.

M = ordenada media: distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

CM = cuerda máxima: distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT).

Lc = longitud de curva: longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangencia (PT).

(Δ) Ángulo de deflexión: ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como Δ . En las curvas circulares simples es igual a la deflexión o cambio de dirección que se da entre las tangentes.

$$G = \frac{1145,9156}{R} \qquad R = \frac{1145,9156}{G} \qquad Lc = \frac{20 \times \Delta}{G}$$

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

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} \right) \qquad Cm = 2R \left(\sen \frac{\Delta}{2} \right) \qquad M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, de las deltas (Δ) y el grado de curvatura (G) que será colocado por el diseñador. Con el grado (G) y el delta (Δ) se calculan los elementos de la curva.

El radio de las curvas por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan transitarlas sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

2.3.1.2. Curvas de transición

Su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo en curva.

Este tipo de transición es muy importante, generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva, mas no en los

tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esa transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

2.3.1.3. Peralte y bombeo

Peralte (e %): es la pendiente transversal que se da en las curvas, a la plataforma de calzada de una carretera, su objetivo es contrarrestar la fuerza centrífuga que impide al vehículo salirse hacia el exterior de la curva y de evacuar aguas de la calzada en forma de bombeo; este se encuentra en función de la velocidad del vehículo y del radio de la curva.

2.3.1.4. Sobreechancho

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, el ancho de la calzada que ocupa es mayor que en la tangente, ello es debido a que las ruedas traseras del vehículo, siguen una trayectoria distinta a las de las ruedas delanteras, y que los conductores tienen dificultad en mantener el vehículo en el eje del carril correspondiente, es por ello que el ancho de las calzadas debe aumentarse en estas.

Ejemplo de cálculo de elementos de curva horizontal:

$$R = 80 \text{ m}; \quad \Delta = 58; \quad PC = 0 + 35$$

$$\text{Grado de curvatura} = G = \frac{1145,9156}{R} = \frac{1145,9156}{80} = 14,32$$

$$\text{Longitud de curva} = Lc = \frac{20 \times \Delta}{G} = \frac{20 \times 58}{14,32} = 80,98$$

$$\text{Subtangente} = St = R \left(\tan \frac{\Delta}{2} \right) = 80 \left(\tan \frac{58}{2} \right) = 44,35$$

$$\text{External} = E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} \right) = 80 \left(\sec \frac{58}{2} \right) = 11,47$$

$$\text{Cuerda máxima} = Cm = 2R \left(\sin \frac{\Delta}{2} \right) = 2(80) \left(\sin \frac{58}{2} \right) = 77,57$$

$$\text{Ordenada media} = M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 80 \left(1 - \cos \frac{58}{2} \right) = 10,03$$

$$\text{Punto de tangencia} = PT = PC + LC = 0 + 35 + LC$$

$$e = 4,5 \%; \quad SA = 0,60 \text{ m}$$

Tabla I. Resumen diseño geométrico, curvas horizontales

Núm. Curva	Radio	Grado de curvatura G	Deflexión Δ	Long. curva	St	External	Ordenada media	Tipo F ondulada V = 30 km/h			
								Cuerda máxima	Ls	e %	Sa
1	40,00	28,65	62,78	43,83	24,407	6,86	5,85	41,67	50,00	10,00	1,80
2	40,00	28,65	44,95	31,38	16,548	3,29	3,04	30,58	50,00	10,00	1,80
3	10,00	114,59	121,35	21,18	17,802	10,42	5,10	17,44	50,00	10,00	1,80
4	10,00	114,59	124,49	21,73	19,003	11,47	5,34	17,70	50,00	10,00	1,80
5	80,00	14,32	19,48	27,20	13,732	1,17	1,15	27,07	40,00	8,00	1,30
6	60,00	19,10	30,26	31,69	16,223	2,15	2,08	31,32	48,00	9,50	1,60
7	60,00	19,10	13,88	14,54	7,303	0,44	0,44	14,50	48,00	9,50	1,60
8	50,00	22,92	59,20	51,66	28,404	7,50	6,53	49,39	50,00	10,00	1,80
9	100,00	11,46	23,15	40,40	20,482	2,08	2,03	40,13	33,00	6,60	1,80
10	40,00	28,65	70,10	48,94	28,060	8,86	7,25	45,94	50,00	10,00	1,80
11	50,00	22,92	17,26	15,06	7,589	0,57	0,57	15,01	50,00	10,00	1,80
12	10,00	114,59	144,63	25,24	31,362	22,92	6,96	19,05	50,00	10,00	1,80
13	100,00	11,46	18,87	32,93	16,618	1,37	1,35	32,79	33,00	6,60	1,80
14	50,00	22,92	44,54	38,87	20,476	4,03	3,73	37,90	50,00	10,00	1,80
15	100,00	11,46	15,06	26,28	13,219	0,87	0,86	26,21	33,00	6,60	1,10
16	100,00	11,46	7,56	13,19	6,607	0,22	0,22	13,19	33,00	6,60	1,10
17	500,00	2,29	8,86	77,32	38,736	1,50	1,49	77,24	23,00	6,60	0,60
18	100,00	11,46	7,66	13,37	6,695	0,22	0,22	13,36	33,00	6,60	1,80
19	100,00	11,46	8,27	14,43	7,229	0,26	0,26	14,42	33,00	6,60	1,80
20	130,00	8,81	7,15	16,22	8,122	0,25	0,25	16,21	28,00	5,50	1,00
21	130,00	8,81	9,39	21,31	10,677	0,44	0,44	21,28	28,00	5,50	1,00
22	275,00	4,17	3,48	16,70	8,354	0,13	0,13	16,70	23,00	2,50	0,70
23	100,00	11,46	5,24	9,15	4,576	0,10	0,10	9,14	33,00	6,60	1,10
24	100,00	11,46	8,28	14,45	7,24	0,26	0,26	14,44	33,00	6,60	1,10
25	100,00	11,46	9,42	16,44	8,24	0,34	0,34	16,42	33,00	6,60	1,10

Fuente: elaboración propia.

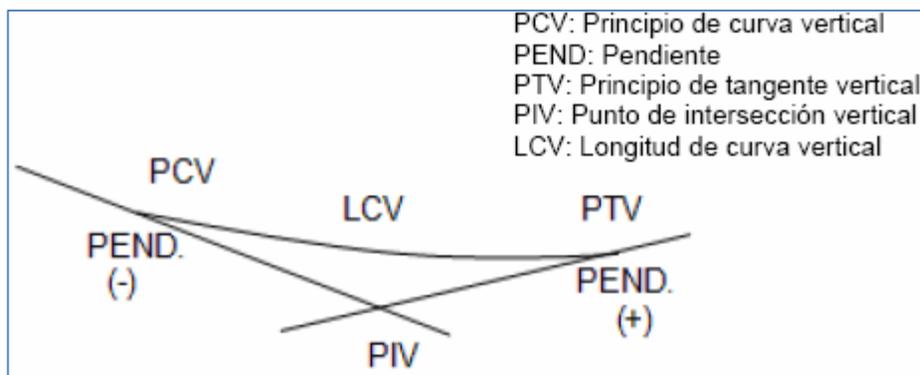
2.3.2. Alineamiento vertical

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra; estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples o cúbicas; la que se utiliza en el departamento de carreteras es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Aparte de la topografía del terreno, también la determinan las características del alineamiento horizontal, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Un alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas.

Figura 7. **Sección de una curva vertical**



Fuente: Dirección General de Caminos.

2.3.2.1. Subrasante

Este punto es muy importante, ya que del diseño de la subrasante dependen los volúmenes de corte y relleno que se harán en el tramo, esperando que exista un balance entre el volumen de corte y relleno en una distancia no mayor de 1 000 metros, también se debe tomar en cuenta el ancho de la sección típica, el alineamiento horizontal, puntos obligatorios, pendiente máxima y mínima, tipo de suelo, las condiciones topográficas y las especificaciones. Según la Dirección General de Caminos, este diseño se efectúa en dos fases de la siguiente manera:

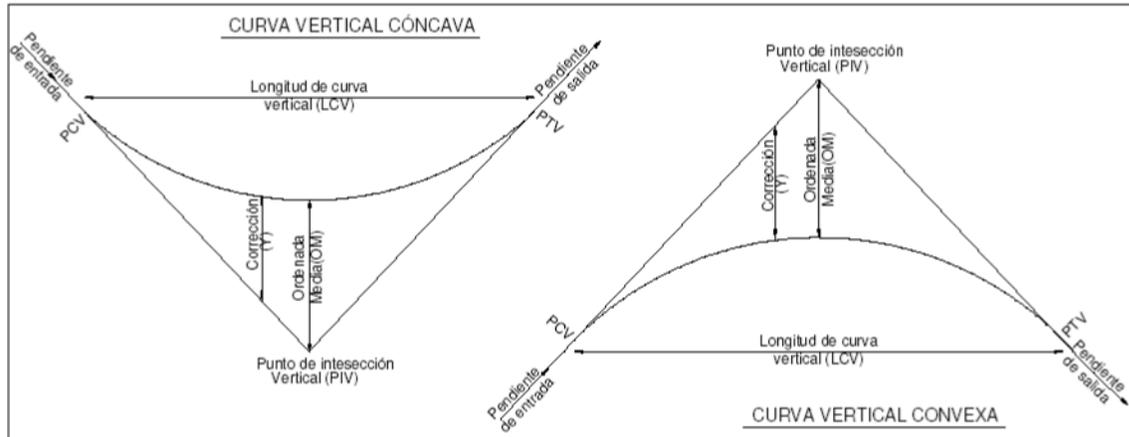
Cálculo de subrasante en rollo de perfil longitudinal: se encuentran las elevaciones de los puntos de intersección vertical PIV, con base en las pendientes que se colocaron al momento de hacer el diseño de la subrasante y a las estaciones de los PIV. Las pendientes podrán variar al ser afinadas.

Cálculo de subrasante en hojas de movimiento de tierras: se colocan los estacionamientos del PIV con sus elevaciones y la longitud de curva (LCV), en el listado de estacionamientos que se tiene para el movimiento de tierra. Se debe colocar la pendiente entre cada PIV.

2.3.2.2. Pendientes

Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la subrasante.

Figura 8. **Detalle de curvas verticales**



Fuente: Dirección General de Caminos.

2.3.2.3. **Curvas verticales**

Es una etapa importante desde la perspectiva de la funcionalidad para el uso de la carretera. Las curvas verticales deben cumplir ciertos requisitos de servicio, como los de una apariencia tal que el cambio de pendiente sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes.

Se entiende por longitud de curva vertical LCV a la distancia horizontal medida entre el principio de curva vertical PCV y el principio de tangente vertical PTV. Para diseñar curvas verticales se debe considerar las longitudes mínimas permisibles de las mismas, con el objetivo de evitar traslapes y dejando la mejor visibilidad posible a los conductores. Existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de una curva vertical, los cuales se presentan a continuación:

Criterio de apariencia: se aplica a curvas verticales con visibilidad completa, o sea el caso de curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = LCV/A \geq 30 \quad \text{y} \quad A = P_s - P_e$$

Donde:

LCV = longitud de curva vertical

A = diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

Criterio de comodidad: se aplica a curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrípeta que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

Donde:

$$K = LCV/A \geq V^2/395$$

Criterio de drenaje: se aplica a curvas verticales convexas o cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = LCV/A \geq 43$$

Criterio de seguridad: es la visibilidad de parada. La longitud de curva debe permitir 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.

$$L = K * a$$

L = longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad)

k = constante que depende de la velocidad de diseño

a = diferencia algebraica de pendientes

La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla II. **Valores de K, según velocidad de diseño**

VELOCIDAD DE DISEÑO K.P.H	VALOR	VALOR
	DE K CÓNCAVA	DE K 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: Dirección General de Caminos.

Ejemplo de cálculo de curva vertical: con la tabla II, para una velocidad de 40 kilómetros por hora y una curva vertical convexa se encuentra $k=4$ con la tabla anterior entonces:

Pendiente de entrada: -5%

Pendiente de salida: -11%

Diferencia de pendiente $= A = p_s - p_e = -11 - (-5) = -6 = 6$.

Para la velocidad de diseño de 40 kilómetros por hora y una curva vertical convexa y $k=4$, entonces:

Longitud de curva vertical = $LCV = 4 * 6 = 24 \text{ m}$

Ordenada máxima $OM = LCV * (A / 800) = 24 * (6 / 800) = 0,18$

Criterio de apariencia $= A = LCV / K \geq 30 = 24 / 4 \geq 30$ no cumple

Criterio de drenaje $= K = LCV / K \leq 43 = 24 / 4 \leq 43$ cumple

Criterio de comodidad $= K = LCV / K \geq v^2 / 395 = 24 / 4 \geq v^2 / 395$ cumple

2.3.2.4. Corrección a subrasante

Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, según su forma; la corrección máxima en la curva vertical es la ordenada máxima y puede calcularse con la fórmula siguiente:

$$OM = \frac{P_2 - P_1}{800} * LCV$$

Donde:

OM = ordenada máxima

P1 = pendiente de entrada en porcentaje

P2 = pendiente de salida en porcentaje

LCV= longitud de curva vertical

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

$$Y = \frac{AL^2}{200LCV}$$

Donde:

Y = corrección para un punto cualquiera. Distancia desde la curva vertical a un punto cualquiera sobre la proyección de la tangente vertical.

L = distancia horizontal desde el PCV o PTV al punto donde se quiere calcular la corrección.

Tabla III. Diseño de curvas verticales

No. De Curva	PIV ELEV	PENDIENTE ENTRADA	PENDIENTE SALIDA	DIFERENCIA A	TIPO DE CURVA	K MÍNIMA DE VISIBILIDAD SEGÚN TABLAS		LCV DE DISEÑO	K = LCV/A	CRITERIO DE APARIENCIA (CURVAS CONC.)	CRITERIO DE COMODIDAD (CURVAS CONC.)	CRITERIO DE DRENAJE (CURVAS CONC. Y CONV.)	CRITERIO DE SEGURIDAD (CURVAS CONC. Y CONV. CON K MINIMO)	ORDENADA MÁXIMA	EST PCV	ELEV. PCV	EST PTV	ELEV. PTV
						con c.	con v.											
1	0+045,96	996,32	-8	-16,5	8,5	CONV.	6	4	40	4,71	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	0,425	0+025,96	997,92	0+065,96	993,02
2	0+102,07	987,07	-16,5	-22	5,5	CONV.	6	4	10	1,82	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,0688	0+097,07	987,89	0+107,07	985,97
3	0+116,45	983,9	-22	-25	3	CONV.	6	4	10	3,33	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,0375	0+111,45	985	0+121,45	982,65
4	0+146,38	976,42	-25	-38	13	CONV.	6	4	10	0,77	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,1625	0+141,38	977,67	0+151,38	974,52
5	0+158,11	971,96	-38	-20	18	CONC.	6	4	10	0,56	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,225	0+153,11	973,86	0+163,11	970,96
6	0+193,45	964,89	-20	-9	11	CONC.	6	4	40	3,64	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,55	0+173,45	968,89	0+213,45	963,09
7	0+336,55	952,02	-9	-6	3	CONC.	6	4	80	26,7	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	0,3	0+296,55	955,62	0+376,55	949,62
8	0+492,36	942,67	-6	-2	4	CONC.	6	4	80	20	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	0,4	0+452,36	945,07	0+532,36	941,87
9	0+631,87	939,88	-2	22	24	CONC.	6	4	60	2,5	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	1,8	0+601,87	940,48	0+661,87	946,48
10	0+755,00	966,97	22	8	14	CONV.	6	4	30	2,14	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,525	0+740,00	963,67	0+770,00	968,17
11	0+798,01	970,41	8	34	26	CONC.	6	4	10	0,38	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,325	0+793,01	970,01	0+803,01	972,11
12	0+813,5	975,68	34	12,5	21,5	CONV.	6	4	10	0,47	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	0,2688	0+808,5	973,98	0+818,5	976,3
13	1+063,9	1006,98	12,5	-2,5	15	CONV.	6	4	80	5,33	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	1,5	1+023,90	1001,98	1+103,90	1005,98
14	1+462,21	997,02	-2,5	2,75	5,25	CONC.	6	4	80	15,2	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	0,525	1+422,21	998,02	1+502,21	998,12
15	1+627,29	1001,56	2,75	-6	8,75	CONV.	6	4	50	5,71	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	0,5469	1+600,29	1000,9	1+652,29	1000,06

Fuente: elaboración propia.

2.4. Seccionamiento transversal

Se desarrolla esta actividad con los datos de la libreta de secciones transversales de localización y consiste en plotear distancias con sus respectivas elevaciones, al lado derecho e izquierdo de la línea central del caminamiento, a cada 20 metros.

2.5. Movimiento de tierras

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

2.5.1. Cálculo de áreas de secciones transversales

Tomando en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural, marcando con esta área de relleno y debajo del terreno natural, el área de corte a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica, complementando del ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 2 %, o el peralte que sea apropiado si corresponde a un caminamiento en curva horizontal, al ancho del bombeo de la carretera con su pendiente; taludes, de corte y relleno, según se presente el caso determinando su pendiente en razón del tipo de material del terreno y la altura que precise.

2.5.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

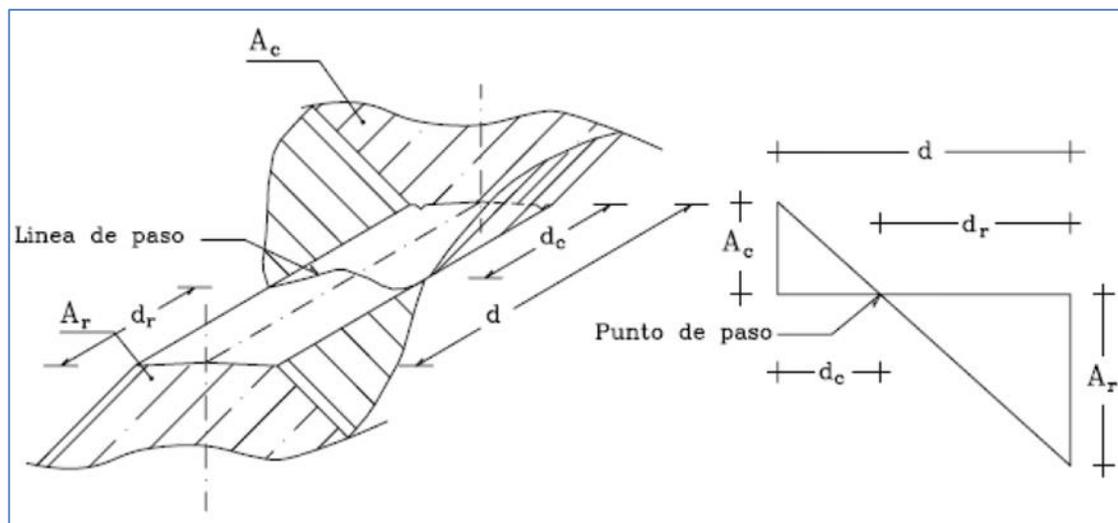
Cada una de las áreas calculadas se constituye en un lado de un prisma de terreno que debe llenarse o cortarse. Asumiendo que el terreno se comporta

de manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, obteniendo así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

$$\text{Volumen} = \frac{(\text{área1} + \text{área2}) * \text{distancia}}{2}$$

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y la otra solamente de relleno, debe calcularse una distancia de paso, donde teóricamente el área pasa a ser de corte a relleno. Esto se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas. Las fórmulas que facilitan este cálculo son las siguientes:

Figura 9. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA M, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte Ac y el área de la línea de paso, que es cero, y el

volumen de relleno entre el área de relleno A_r y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_c = 1/2(A_c + A_0) \cdot d_c \quad , \quad V_r = 1/2(A_r + A_0) \cdot d_r$$

$$V_c = 1/2 A_c \cdot d_c \quad , \quad V_r = 1/2 A_r \cdot d_r$$

Donde:

V_c, V_r = volumen de corte y de relleno en metros cúbicos

A_c, A_r = áreas de las secciones en corte y relleno en metros cuadrados

A_0 = área de la sección en la línea de paso = 0

d_c, d_r = distancias de corte y relleno en metros

d = distancia total del prismaide, por lo general se toma como 20 metros

Por medio de relación de triángulos se determinan los valores de d_c y d_r , de la siguiente manera:

$$d_c = (A_c / (A_c + A_r)) \cdot d \quad , \quad d_r = (A_r / (A_c + A_r)) \cdot d$$

2.6. Diseño de drenajes

Las obras de drenaje son elementos que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad, su función principal es:

- Dar salida al agua que se acumula en la carretera.
- Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia la carretera.
- Evitar que el agua provoque daños a la carretera.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil del proyecto y la facilidad de acceso.

2.6.1. Drenaje transversal

La función de este elemento de la carretera es evitar que el agua de lluvia, proveniente del área que genera el caudal que desfoga hacia la parte baja de la cuenca, en el sentido perpendicular a la carretera, no pase por la estructura de la misma.

Figura 10. **Sección del mapa de la cuenca drenaje crítico**



Fuente: Google Earth. <maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=wl>.
[Consulta: 24 de octubre de 2014].

Se tomó como ejemplo el drenaje transversal número 2 ubicado en la estación 610,00 es el crítico debido a que posee la mayor área que generará el mayor caudal de lluvia a drenar.

Datos:

Área a drenar: 10 ha

Longitud de cauce: 0,77843 km

Pendiente: 2,15 % (promedio)

Coefficiente de escorrentía: 0,72

Elevación entre cauce: 6,44 m

Factor de rugosidad: 0,013

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla de valores de escorrentía de Schwab et al, 1981, se consideró el área del proyecto como tierra cultivada en área montañosa, con textura de suelo arcilla y limo, por lo que el coeficiente de escorrentía adecuado para el área es de 0,72.

Método racional para el cálculo de áreas de descarga

El método racional asume que el caudal máximo a un punto dado; se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima.

Está representado por la fórmula:

$$Q=CIA/360$$

Donde:

Q = caudal de diseño en metros cúbicos por segundo

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

C = coeficiente de escorrentía

La intensidad de lluvia que puede afectar a una determinada región de Guatemala es, usando las ecuaciones que proporciona el Insivumeh, que presentan la siguiente forma:

$$I = A/(B + tc)^n$$

Donde:

I = intensidad de lluvia en milímetros/hora.

A, B y n = parámetros de ajuste en función de la región a analizar.

tc = tiempo de concentración en minutos.

Se utilizó la ecuación de la estación más cercana y para un período de retorno de 20 años, esta:

- El tiempo de concentración tc está dado por la fórmula de Kirpich:

$$tc = (3 * L^{1,15}) / (154 * H^{0,38})$$

$$tc = (3 * 778,43^{1,15}) / (154 * 6,44^{0,38}) = 20,28 \text{ minutos}$$

Donde:

L = longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria en metros.

H = diferencia de elevaciones entre los puntos extremos del cauce en metros.

$$I = 319\,800 / (65 + tc)^{1,819}$$

$$I = 319\,800 / (65 + 20,28)^{1,819} = 98,32 \text{ milímetros/hora}$$

$$Q = CIA/360$$

$$Q = 0,72 * 98,32 * 10/360 = 1,97 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como el drenaje transversal trabaja con su sección parcialmente llena, se ha estimado que para una sección al 90 por ciento llena, es decir, un tirante hidráulico equivalente a $0,90 * D$, donde D es a sección llena 100 % el diámetro de la tubería, el radio hidráulico equivale aproximadamente a $D/4$.

$$R = \frac{D}{4} \quad , \quad \text{Área sección circular} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Utilizando las ecuaciones anteriores, y realizando las sustituciones y ajustes en la ecuación de Manning, se obtiene la fórmula para encontrar el diámetro requerido.

$$\left(\frac{(Q * n * 4^{5/3})}{(S^{1/2} * \pi)} \right)^{3/8}$$
$$D = \left(\frac{(1,97 * 0,013 * 4^{5/3})}{(0,0215^{1/2} * \pi)} \right)^{3/8}$$

$$D = 0,258 \text{ m} / 0,0254 = 31 \text{ pulgadas}$$

Se utilizará un diámetro de 30 pulgadas, tubo de concreto, ya que es el mínimo usado para drenaje transversal de carretera

2.6.2. Drenaje longitudinal

Las cunetas son canales abiertos que sirven para interceptar el agua superficial que proviene de la plataforma y de los taludes cuando existe corte.

Las cunetas pueden ir colocadas al centro de la calzada o lateralmente a ella dependiendo de la clase de carretera. Pueden ser de sección triangular, rectangular, trapezoidal, entre otras.

Las contracunetas a diferencia de las cunetas van colocadas a una cierta distancia del borde de un corte que da paso a una carretera. Por su posición se les conoce como cunetas de cresta. El mantenimiento de este tipo de cunetas se hace a veces muy difícil, cuando se encuentran colocadas a alturas grandes, y podrán incluso dar lugar a filtraciones que dañen el talud hasta provocar el deslizamiento del mismo.

2.6.3. Diseño de cuneta

Las cunetas son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, recubiertos de materiales como piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas. Se colocan paralelamente a uno o a ambos lados de la carretera.

$$Q = \frac{A}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Donde:

Q = caudal en metros cúbicos por segundo.

A = área de la sección transversal del canal en metros cuadrados.

R = radio hidráulico en metros (igual al área de la sección transversal entre el perímetro mojado).

S = pendiente del canal en metros por metro.

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

Figura 11. Sección del mapa de la cuenca cuneta crítica



Fuente: Google Earth. <maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=wl>.

[Consulta: 24 de octubre de 2014].

Para el diseño de la cuneta se tomó el tramo con la pendiente crítica, es decir, con la menor pendiente, que corresponde al tramo que drenará el área tributaria mostrada en la figura 11, siendo la mayor que va desde el estacionamiento 0 + 920 hacia el estacionamiento 1 + 980,00. El área a drenar es de 10,00 hectáreas, la diferencia de altura H es de 30 metros y la longitud del cauce se estimó en 1 238,12 metros. Para el cálculo del caudal o gasto máximo se tomó coeficiente de escorrentía de 0,30, correspondiente a pendientes de los terrenos menores a 5 por ciento y suelos agrícolas tipo

arenosos, así como un factor de rugosidad de Manning para canales revestidos de concreto de 0,016.

Primero se procedió a encontrar el tiempo de concentración de la cuenca por medio de la fórmula de Kirpich:

$$t_c = (3 \cdot 1238,12^{1,15}) / (154 \cdot 30^{0,38}) = 19,27 \text{ minutos}$$

Luego se procedió a encontrar la intensidad de lluvia, por medio de la ecuación anteriormente descrita:

$$I = 319800 / (65 + 19,27)^{1,819} = 100,48 \text{ milímetros/hora}$$

Caudal o gasto máximo a drenar: dicho caudal es encontrado por medio de la fórmula del método racional:

$$Q = 0,30 \cdot 100,48 \cdot 10 / 360 = 0,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con los datos se procede a calcular las dimensiones de la sección de la cuneta trapezoidal.

$S = 0,0272$ del tramo analizado

$Q = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$

Pendiente talud canal 1:2

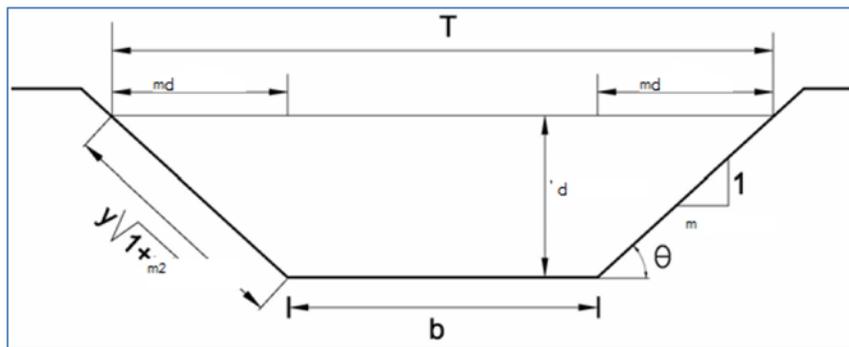
Determinación del área hidráulica: asignándole la letra d al tirante hidráulico de la sección trapezoidal. Los elementos de la sección transversal de un canal trapezoidal se muestran en la figura 20.

$$A=2*\left(\frac{1}{2}\right)*\left(\frac{1}{2}d*d\right)+bd=\frac{1}{2}d^2+bd$$

Determinación del perímetro mojado.

$$P=2*\sqrt{\left(\frac{1}{2}d\right)^2+d^2}+b=2,236d+b$$

Figura 12. **Cuneta de sección trapezoidal**



Fuente: RODRÍGUEZ RUIZ, Pedro. *Hidráulica II*. p. 15.

Se ha determinado que para canales trapezoidales, la sección de máxima eficiencia hidráulica, ocurre cuando el radio hidráulico es igual a la mitad del tirante, es decir:

$$R = \frac{d}{2}$$

Por definición el radio hidráulico es:

$$R = \frac{\text{Área hidráulica}}{\text{Perímetro mojado}}$$

Por lo tanto se establece la condición de igualdad:

$$\frac{(1/2*d^2 + bd)}{(2.236*d + b)} = \frac{d}{2}$$

$$2*(1/2*d^2 + bd) = d*(2.236*d + b)$$

$$b = 1.236*d$$

Se sustituye el valor de b en la ecuación para el área:

$$A = 1/2*d^2 + b*d = 1/2*d^2 + (1.236*d)*d = 1.736*d^2$$

Utilizando la ecuación de Manning se despeja el valor de d necesario para el caudal a drenar:

$$0,83 = \frac{(1.736*d^2)}{(0,016)} * (d/2)^{2/3} * (0,0272)^{1/2}$$

$$d = 0,32 \text{ metros}$$

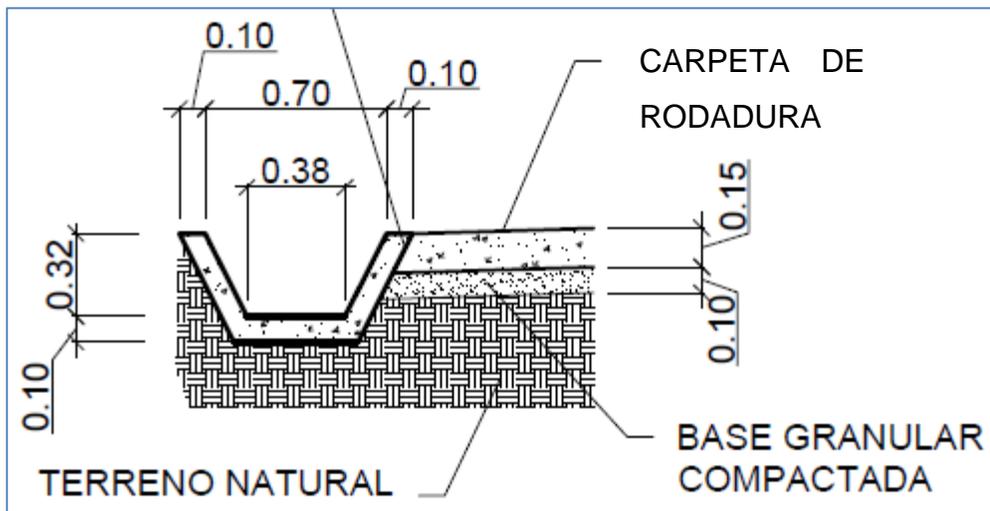
$$b = 1,236*d = 1,236*0,32 = 0,38 \text{ metros}$$

Debido a las condiciones de la superficie del proyecto, la cual es en su mayor parte plana, así como la inexactitud que se tiene al utilizar el coeficiente de escorrentía, y más importante aún, para reducir los costos del proyecto, se establece una reducción de las medidas del canal, con la seguridad de que es muy difícil que se lleguen a presentar las condiciones máximas del caudal de la cuenca, siendo las dimensiones finales:

$d = 0,32$ metros

$b = 0,38$ metros

Figura 13. **Detalles de la cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D.

2.7. Estudio de suelos para la subrasante

La subrasante es el suelo natural donde se construirá el pavimento, puede estar formado por un suelo natural mejorado o una sustitución de este; el tipo de suelo que conforma la subrasante depende de las características que tenga, las cuales se obtienen a través de los ensayos de laboratorio. Los espesores de las diferentes capas del pavimento dependen de la capacidad soporte de la subrasante, la cual se clasifica en los rangos.

Tabla IV. **Calidad de la subrasante**

Núm. de CBR	Clasificación general
0 - 3	Muy mala
3 - 5	Mala
5 - 20	Regular o buena
20 - 30	Excelente

Fuente: *Manual centroamericano de diseño de carreteras.*

Comúnmente los suelos de mala calidad son los que tienen materia orgánica y arcilla en exceso, para evitar los efectos nocivos de este tipo de suelos, es necesario sustituirlos, la subrasante debe compactarse a 95 % como mínimo de su compactación, con respecto a la densidad máxima obtenida en laboratorio, se debe de limpiar el terreno y retirar todo el material.

2.7.1. Límites de Atterberg

Este ensayo sirve para determinar los límites de plasticidad en que se dividen los comportamientos que presenta el suelo, según el contenido de humedad que hay en ese momento. Estos límites son:

- El límite plástico: es el contenido de humedad en el suelo, por el cual se encuentra en una frontera en la que su comportamiento está entre el estado plástico y semisólido. Este ensayo se basa en la Norma AASHTO T-90.
- El límite líquido: es el contenido de humedad que establece la frontera en que el suelo se encuentra en un estado plástico y casi líquido, es la

resistencia al corte que tiene el suelo a determinado contenido de humedad. Este ensayo se basa en la Norma AASHTO T-89.

- El índice de plasticidad: es la diferencia entre los valores del límite líquido y el plástico, este valor determina el nivel de plasticidad de un suelo con base en los siguientes parámetros:

IP = índice de plasticidad

IP = 0; es un suelo no plástico

IP < 7; es un suelo de baja plasticidad

7 < IP < 17; es un suelo de mediana plasticidad

IP > 17; es un suelo altamente plástico

2.7.2. Granulometría

Este análisis granulométrico consiste en separar y clasificar por tamaños de los granos que componen la muestra de suelo, con el fin de determinar la cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que forman esta muestra. Este ensayo se basa en la Norma AASHTO T-27: el contenido de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para comprender la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El procedimiento es trazar la curva de la composición granulométrica del material en una gráfica, que en el eje de las abscisas (a escala logarítmica), están las aberturas de las mallas y en el eje de las ordenadas (a escala aritmética), están los porcentajes de material que pasa por las mallas, formando con los datos obtenidos en el ensayo una curva que se compara con las curvas según las especificaciones, para tener un mejor concepto de cómo está graduado el material de la muestra.

2.7.3. Compactación (Proctor)

La densidad máxima se puede obtener cuando la masa del suelo tenga una humedad óptima. Hay dos métodos para hacer este ensayo, el primer método es el Proctor estándar y el segundo es Proctor modificado, en este caso se utilizó el método de Proctor modificado el cual se basa en la Norma AASHTO T-180. En este ensayo se utilizó un pisón de 10 libras y una altura de caída de 18 pulgadas, compactando en 5 capas, usando para ello 25 golpes por capa.

2.7.4. Valor soporte del suelo CBR

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR) es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa en porcentaje de la carga requerida, para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo.

Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (% C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la Norma AASHTO T 193.

- Expansión: a cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 lb sobre el vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero.

Luego se sumerge en el agua durante cuatro días, tomando lecturas a cada 24 hrs, controlando la expansión del material.

- Determinación de la resistencia a la penetración: después de haber tenido la muestra en saturación durante cuatro días, se saca del agua escurriéndola durante quince minutos, se le quita la pesa, el disco perforado y el papel filtro, se mide la resistencia a la penetración. Cuando se empieza la prueba, se coloca nuevamente sobre la muestra, el peso, el extensómetro ajustado a cero con el pistón colocado sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, y a tomar las lecturas de deformación.

Ya con las lecturas tomadas, se procede a encontrar por medio de fórmula, la carga correspondiente a cada una de estas, haciendo por último el gráfico que representa el suelo.

Los valores límites del CBR son los siguientes:

- 0 a 5 % subrasantes muy malas
- 5 a 10 % subrasantes malas
- 10 a 20 % subrasantes de regulares a buenas
- 20 a 30 % subrasantes muy buenas
- 30 a 50 % subbases buenas
- 50 a 80 % buena para bases de gravas
- 80 a 100 % buenas bases de piedra y grava triturada

- Valores de los ensayos: para determinar las características físicas y mecánicas de una muestra representativa del suelo de la subrasante, es necesario que el ingeniero constructor tenga los resultados de laboratorio de cada uno de los ensayos practicados, para que posteriormente se proceda al análisis de los resultados obtenidos, lo cual le servirá de base para tomar las precauciones necesarias en la construcción de la obra.

A continuación los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los suelos en los que se realizarán los pavimentos. Clasificación:

SCU: CI

PRA: A-6

Descripción = arcilla arenosa color café oscuro

Densidad seca máxima = 98,25 lb / pie³

Humedad óptima = 20,80 %

CBR = 45,9 %

LL = material no plástico

IP = material no plástico

2.8. Diseño de pavimento rígido

Pavimento rígido es el que está constituido por una losa de concreto, la que distribuye las cargas al suelo en una superficie mayor, tomando en cuenta la resistencia a la flexión del concreto.

La función de la losa es distribuir las cargas a la base y subrasante. Es por ello que, cuando la subrasante es de muy buena calidad, la losa se puede construir directamente sobre esta. En caso contrario, si la subrasante no es de buena calidad, debe colocarse una base.

2.8.1. Método de PCA

En el diseño de pavimentos rígidos existen dos maneras de calcular, una de ellas es la que usa el método AASHTO T-193, la otra forma es a través de métodos mecánicos como el de la Asociación del Cemento Pórtland (PCA).

La PCA ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito, del cual se mencionan los siguientes:

- El método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de cargas de tránsito.
- El método simplificado de diseño: es el procedimiento aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

La PCA sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamientos del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tránsito, la acción de juntas y hombros de concreto.

Para determinar el espesor de la losa es necesario realizar los ensayos de laboratorio de suelo para conocer las propiedades, características y esfuerzos combinados de la subrasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento.

Tras conocer el CBR de la subrasante se busca su módulo de reacción K en la tabla correspondiente. Luego se determinará el espesor de base de acuerdo con el tipo de suelo y el módulo de ruptura del concreto, que es el 15 %

f'c. Con la información anterior y conociendo el tipo de junta a utilizar, se localiza el espesor de la losa en la tabla.

Para este diseño se utilizó el dimensionamiento del método simplificado para el espesor del pavimento rígido, los pasos a realizar en el cálculo del espesor son:

- Diseño completo utilizando el método PCA
 - Determinación de categoría de carretera

Es necesario obtener la información del tránsito promedio diario de vehículos. La tabla III muestra las diferentes categorías de carreteras según el tránsito. Para esta carretera se tomó como parámetro la entrada que actualmente se utiliza, donde se consideraron 200 vehículos diarios para 20 años, de los cuales se estimó un porcentaje del 3 % para el TPDC en ambas direcciones, lo que resulta en un TPDC de 6, siendo esto el número de camiones pesados que pasan en el día. Con los datos anteriores se definió la carretera como categoría 1, que corresponde a calles residenciales, carreteras rurales y secundarias, que muestra la tabla V.

Tabla V. **Clasificación de vehículos por categoría de cargas por eje**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	%	TPDC por día	Sencillo	Tandem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a Medio).	200 a 800	1 A 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 A 10	de 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles, 3000 a 5000 Para 4 carriles o más	8 A 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o más.	8 A 30	de 1500 a 8000	34	60

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos*. p. 345.

- Determinar el módulo de reacción (k) de la subrasante: es de acuerdo al resultado del ensayo de CBR de la subrasante, y por medio de una correlación se localiza en la tabla IV su valor aproximado. Se ubica la relación de soporte de California (CBR) en 7 que es el que se aproxima a 7,3 %. En donde le corresponde el módulo de reacción K de 175 lbs / pulg³.
- Determinar la subbase: es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar.

Tabla VI. Determinación de la reacción K por medio del CBR

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.S.T.M.																
OH																
CH																
OL																
MH																
ML																
CL																
SM																
SP																
SG																
GP																
GM																
GN																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.O.																
A-1-a																
A-1-b																
A-2-4																
A-2-5																
A-2-6																
A-2-7																
A-3																
A-4																
A-5																
A-6																
A-7-5																
A-7-6																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN																
E-1																
E-2																
E-3																
E-4																
E-5																
E-6																
E-7																
E-8																
E-9																
E-10																
E-11																
E-12																
VALOR DE RESISTENCIA - R																
5	10	20	30	40	50	60	70									
MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE - K LBS/PULG. ³																
100	150	200	250	300	400	600	700									
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG. ²																
10	20	30	40	50	60											
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 5.

- Determinar la utilización de base: conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y base, ya que mejoran la estructura de un pavimento. En la tabla VII se muestra el aumento en el módulo de reacción de la subrasante al incluir una base granular.

En el proyecto, debido a que el módulo de reacción de la subrasante es bueno, se colocará una base de material selecto de 10 centímetros de espesor equivalente a 4 pulgadas, para uniformizar la superficie y darle mayor soporte a la capa de rodadura, así como cumplir con el espesor mínimo que especifica la Dirección General de Caminos en la sección 304,05.

Tabla VII. **Valores de k para diseño sobre bases granulares**

Valor de K de la subrasante (lbs/plg ³)	Valores de K sobre la base (lbs/plg ³)			
	Espesor 4 pulgadas	Espesor 6 pulgadas	Espesor 9 pulgadas	Espesor 12 pulgadas
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. p. 68.

- Clasificar el módulo de reacción k de la subrasante–base combinados

Con el dato del módulo de reacción k, se interpoló en la tabla V para clasificarlo en el rango de valores de la tabla VI. Para este proyecto, el valor de

k = 200 libras por pulgada cúbica, indica un valor soporte alto para la calidad del suelo.

Tabla VIII. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k**

Tipo de suelo	Soporte	Rango de valores de K (lbs/plg³)
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de las partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo arcilla.	Mediano	130 - 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 - 220
Subbase tratada con cementos.	Muy alto	250 - 400

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos.* p. 67.

- Determinar espesor de la losa

Con todos los factores anteriores se procede a determinar el espesor de la losa con base a la tabla VII, para las diferentes categorías en las que se clasifica la vía, las cuales se muestran en la tabla IX.

Tabla IX. **TPDC permisible. Carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas de trave por agregados**

SIN HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO					CON HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO			
ESPESOR DE LOSA EN PULGADAS	SOPORTE SUBRSANTE - SUBBASE			ESPESOR DE LOSA EN PULGADAS	SOPORTE SUBRASANTE - SUBBASE			
	BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	
MR = 650 PSI	4,5			0,1	4		0,2	0,9
	5	0,1	0,8	3	4,5	2	8	25
	5,5	3	15	45	5	30	130	330
	6	40	160	430	5,5	320		
MR = 600 PSI	6,5	330						
	5		0,1	0,4	4			0,1
	5,5	0,5	3	9	4,5	0,2	1	5
	6	8	36	98	5	6	27	75
	6,5	76	300	760	5,5	73	290	730
7	520			6	610			
MR = 550 PSI	5,5	0,1	0,3	1	4,5		0,2	06
	6	1	6	18	5	0,8	4	13
	6,5	13	60	160	5,5	13	57	150
	7	110	400		6	130	480	
	7,5	620						

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos.* p. 69.

Se considera MR= 600 psi, equivalente de 15 % f'c, donde f'c = 4000, en el lado izquierdo, porque no se consideran las cunetas unidas a la losa, en la columna de soporte en la franja corresponde un valor MR= 600 psi, es el valor del TPDC más cercano al estimado en el proyecto, para este caso es 9, resultando un espesor para la carpeta de rodadura de 5,5 pulgadas que equivale a 13,97 centímetros.

Por cuestiones de construcción se dejará un espesor final de losa de 15 centímetros en toda la vía, y la modulación transversal de las losas no deberá ser mayor de 25 veces el espesor de la losa de concreto cuando se utilice base granular, por lo que las losas tendrán dimensiones de 2,50 * 3 metros la pendiente de bombeo será de 3 %.

Tabla X. **Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie**

Tipo de superficie		Bombeo %
Muy buena	Concreto	1 – 2 %
Buena	Mezcla asfáltica	1,5 – 3 %
Regular	Adoquín	2 – 2,5 %
Mala	Tierra o grava	2,5 – 3 %

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 22.

2.8.2. Diseño de mezcla

Se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de $f'c$ de 281 kilogramos sobre centímetro cuadrado (4 000 psi) a los 28 días de curado, dicho concreto no incluirá aire en la mezcla.

Los datos de resistencia de una determinada mezcla de concreto para una resistencia requerida $f'cr$, puede obtenerse de la tabla XI. Un valor de sobrediseño estimado con base en la resistencia a la compresión $f'c$ establecida, incrementada en 1 200 psi, por lo que la resistencia a compresión requerida para el proporcionamiento de la mezcla es igual a $f'cr = 4\ 000 + 1\ 200 = 5\ 200$ psi.

Porque no se dispondrá de datos de resistencia de determinada mezcla.

Tabla XI. **Resistencia a compresión media requerida cuando no hay datos disponibles para establecer la desviación estándar**

Resistencia a compresión especificada, $f'c$, lb/plg²	Resistencia a compresión media requerida $f'cr$, lb/plg²
Menos de 3 000	$f'c + 1\ 000$
3 000 a 5 000	$f'c + 1\ 200$
Más de 5 000	$1.1f'c + 700$

Fuente: *Diseño y control de mezclas de concreto*. PCA. p. 195. Adaptada del ACI 318.

Se eligió una relación agua/cemento de 0,48 sin aire incluido con base en una resistencia a compresión requerida $f'cr$ de 5 200 psi.

Tabla XII. **Dependencia entre la relación agua/material cementante y la resistencia a compresión del concreto**

Resistencia a compresión a los 28 días, en lbs/plg ² (kg/cm ²)	Relación agua/material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
7 000 (492)	0,33	
6 000 (420)	0,41	0,32
5 000 (350)	0,48	0,40
4 000 (281)	0,57	0,48
3 000 (210)	0,68	0,59
2 000 (140)	0,82	0,74

Fuente: *Diseño y control de mezclas de concreto. PCA*. Adaptada del ACI 211,1 y del ACI 211,3. P. 187.

El tamaño máximo del agregado grueso no debe exceder un tercio del espesor del pavimento. Se utilizará agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1 pulgada, estimándole un módulo de finura para el agregado fino de 2,8. Para el uso en concreto, el módulo de finura debe ser mayor que 2,3 y menor que 3,1, prefiriéndose arena media.

La cantidad de agua a utilizar para un metro cúbico de concreto sin aire incluido, y en función del revenimiento y el tamaño del agregado grueso establecido, será de 193 litros, según la tabla X.

Tabla XIII. **Requerimientos de agua para mezcla y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado grueso**

Revenimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregados indicados							
	9,5 mm (3/8")	12,5 mm (1/2")	19 mm (3/4")	25 mm (1")	37,5 mm (1 1/2")	50 mm (2")	75 mm (3")	150 mm (6")
Concreto sin aire incluido								
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concreto con aire incluido								
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje								
Exposición blanda	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Exposición moderada	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Exposición severa	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

Fuente: *Diseño y control de mezclas de concreto. PCA.* Adaptada del ACI 211,1. p. 190.

- Calcular la cantidad de cemento, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua-cemento; considerando que un litro de agua pesa un kilogramo. El cemento se divide por 0,48 para concretos sin aire incluido, con una resistencia de 4 000 libras fuerza por pulgada cuadrada.

$$\text{Cemento} = (193\text{l/m}^3) / 0,48 = 402,08 \text{ kg/m}^3$$

- Calcular la cantidad de agregado, restando el peso del agua y cemento del peso total de un metro cúbico de concreto, por lo general, se le asigna un peso unitario de 2 400 kg/m³.

$$\text{Peso de agregados} = \text{peso total} - \text{peso (agua + cemento)}$$

$$\text{Peso de agregados} = 2\,400 - (193 + 402,08) = 1\,804,92 \text{ kg/m}^3$$

Para calcular la cantidad de agregado fino y grueso se necesita el peso unitario suelto o apisonado de los agregados. Los valores comúnmente utilizados son de 1 400 kg/m³ y 1 600 kg/m³, para el agregado fino y grueso. Con la tabla XI se elige un valor porcentual de 0,67, y este se multiplica por el peso unitario del agregado grueso, para obtener la cantidad correspondiente a un metro cúbico de concreto.

Tabla XIV. **Volumen de agregado grueso por volumen unitario de mezcla de concreto fresco**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso mm (plg.)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5 (3/8)	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2)	0,59	0,57	0,55	0,53
19 (3/4)	0,66	0,64	0,62	0,60
25 (1)	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 (1 1/2)	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2)	0,78	0,76	0,74	0,72
75 (3)	0,82	0,80	0,78	0,76
150 (6)	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: *Diseño y control de mezclas de concreto*. PCA. Adaptada del ACI 211,1. p. 188.

El contenido se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 0,67 * 1\ 804,92 \text{ kg/m}^3 = 1\ 209,3 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de agregado fino se obtiene restando del peso total de los agregados el peso del agregado grueso.

$$\text{Contenido de agregado fino} = 1\ 804,92 - 1\ 209,3 = 595,62 \text{ kg/m}^3$$

Se tienen todos los pesos de los componentes de la mezcla para un metro cúbico de concreto, los cuales son:

Cemento = 402,08 kilogramos

Agregado fino (arena) = 595,62 kilogramos

Agregado grueso (piedrín) = 1 209,3 kilogramos

Agua = 193 litros

Se divide la cantidad de cada material por la cantidad de cemento encontrada al inicio:

$$\frac{\text{cemento}}{\text{cemento}} : \frac{\text{arena}}{\text{cemento}} : \frac{\text{piedrín}}{\text{cemento}} : \frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$$

$$\frac{402,08}{402,08} : \frac{595,62}{402,08} : \frac{1\ 209,3}{402,08} : \frac{193}{402,08}$$

La proporción teórica final en peso para alcanzar la resistencia requerida será:

$$\begin{aligned} &\text{Cemento: arena: piedrín: relación agua/cemento} \\ &1: 1,48: 3,0: 0,48 \end{aligned}$$

La relación en volumen para 1 metro cúbico de concreto, primero se debe multiplicar por ese valor y dividir después los valores dentro del peso específico de cada material, obteniéndose así también, la cantidad de materiales para el mismo.

$$\text{Cemento} = 402,08 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 402,08 \text{ kg} / 42,5 \text{ kg / saco} = 10 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena} = 595,62 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 595,62 \text{ kg} / 1\ 400 \text{ kg / m}^3 = 0,43 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrin} = 1\,209,3 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 1\,209,3 \text{ kg} / 1\,600 \text{ kg/m}^3 = 0,75 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 193 \text{ l/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 193 \text{ l} / 3,785 \text{ l/gal} = 51 \text{ gal}$$

La conversión de la relación de peso a relación en volumen, se debe tomar en cuenta que un saco de cemento tiene un volumen de un pie cúbico.

$$\text{Cemento} = 1 \text{ pie}^3 * (1\text{m} / 3.28 \text{ pie})^3 = 0,02833 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = (1,48 * 42,5 \text{ kg}) / 1400 \text{ kg/m}^3 = 0,04492 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = (3,0 * 42,5 \text{ kg}) / 1600 \text{ kg/m}^3 = 0,07968 \text{ m}^3$$

Cemento: arena: piedrín

$$\frac{0,02833}{0,02833} : \frac{0,04492}{0,02833} : \frac{0,07968}{0,02833}$$

Se concluye que, la proporción teórica final en volumen para alcanzar la resistencia requerida será:

Proporción volumen / m ³			
cemento	arena	piedrín	agua
1	1,58	2,81	51 gal

2.8.3. Juntas

En el diseño de juntas está comprendida la determinación de espaciamiento longitudinal y transversal, la transferencia de cargas,

construcción de las juntas y materiales de sellado, las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa.

- Determinar tipo de juntas: el espacio entre juntas longitudinales no debe exceder de 12,5 pies (3,81 metros). Las juntas transversales deben ir a un espacio de intervalo regular de 15 pies (4,6 metros) o menos, por lo que se definieron juntas transversales a cada 3 metros, y la junta longitudinal a cada 2,50 metros, que es la que define el ancho del carril. El tipo de junta a utilizar será del tipo trabazón agregados.

Según la forma en que se diseñan las juntas podrán transmitir la carga del tránsito de una losa hacia la siguiente, las juntas más comunes en un pavimento rígido son:

- Juntas longitudinales: van paralelamente al eje longitudinal del pavimento. Su función es prever las grietas longitudinales, pueden realizarse en forma mecánica, es decir unión macho hembra. La profundidad de la ranura debe ser menor o igual a $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa y de 6 mm. De ancho.
- Juntas de contracción: controla las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe tener una profundidad del $\frac{1}{4}$ de espesor de la losa. Se construyen perpendicular a la dirección del tránsito.
- Juntas de construcción: deben realizarse cuando se suspenderá la construcción por más de 30 minutos, como sucede en donde los tramos son demasiado largos y la forma de construcción es similar a las juntas de contracción.

- Juntas de expansión: son necesarias cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, parqueos, aceras, alcantarillados, entre otras, y donde sea necesario. Deben tener una separación de 2 cm como mínimo.

Tamaño final: las juntas longitudinales centradas a 2,50 metros y transversal a cada 3 metros, corte y sello de juntas, 5 mm de espesor, 4 cms de profundidad.

2.9. Evaluación de impacto ambiental

Es la medición de la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana.

Esta acción puede aplicarse a un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que este puede ser tanto positivo como negativo.

Se puede definir el estudio de impacto ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la declaración o estimación de impacto ambiental.

Se observar en la tabla XII, donde el impacto ambiental será positivo para la población solo en el factor de flora y fauna, los cuales presentan valores negativos por las acciones de ruido y vibraciones, causados por los trabajos de

construcción y tránsito vehicular, y contaminación de humo causados por los vehículos que lleguen a transitar por la carretera, siendo estos problemas mínimos comparados con los beneficios para los pobladores en los aspectos de mayor comodidad de transporte, mejor salud por la eliminación de polvo y aumento de las actividades económicas y agrícolas.

Tabla XV. **Matriz de Leopold**

			ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS											
			Modificación del régimen			Transformación del territorio			Operación y mantenimiento					
			Alteración cubierta y terrestre	Ruido y vibraciones	Excavación de zanjas	Drenaje lluvia	Tratamiento de aguas negras	Operación de conducción entuberias	Eliminación de aguas residual	Impacto en ambiente	Importancia de impacto			
FACTORES AMBIENTALES	Físico químico	Tierra	Suelos	-1	-3	0	5	3	1	1	6			
				5	3	3	5	1	5	5		27		
		Agua	Calidad	0	0	0	0	3	0	0				
			Temperatura	5	0	5	0	5	0	0	3			
		Atmósfera	Calidad	-3	-2	0	5	4	-1	-1				
			Inundaciones	5	5	5	1	3	2	3				
	Condiciones biológicas	Procesos	Compactación	5	0	0	5	3	1	0	11			
				5	2	0	5	3	3	2			20	
		Flora	Arboles	-2	0	-2	0	2	0	-2				
			Cosecha	5	2	3	1	0	2	5	13			
		Fauna	Macro fauna	-3	0	0	5	4	0	-2	7			
				5	0	3	2	0	2	2			23	
		Factores culturales	Uso del territorio	Agrícola	0	-4	-2	0	0	0	-3			
				Zona residencial	5	3	3	3	1	3	5			
			Nivel cultural	Culturas o forma de vida	-1	0	-1	4	4	0	-1			
				Salud y seguridad	5	3	5	2	3	3	5	40		
				Empleo	3	-3	-1	5	4	-1	-1			57
				Red de transporte	4	4	4	5	5	3	5			
	Servicio e infraestructura		Red de transporte	-3	-3	-1	5	5	3	5				
			Servicios	5	5	5	5	4	2	3				
				-1	-1	-1	3	3	0	0				
				4	4	4	4	5	2	3				
		3	-1	0	5	3	0	0	27					
		3	3	3	3	3	3	3			84			
		0	0	0	5	3	0	0						
		5	3	3	5	5	3	3						
		2	1	0	5	5	0	0	8					
	3	3	4	4	4	2	3			51				

Fuente: elaboración propia.

2.10. Elaboración de planos y detalles

El diseño de los planos y los detalles correspondientes se encuentra en los apéndices, en las siguientes tablas se detalla el presupuesto necesario para la realización del proyecto y el cronograma de actividades a realizarse.

Tabla XVI. Presupuesto

Renglón	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Replanteo topográfico	ml	2583	Q1,35	Q3 488,56
2	Excavación no clasificada	mts ³	947,04	Q72,20	Q68 373,40
3	Excavación no clasificada de desperdicio	mts ³	36290,44	Q24,33	Q883 096,75
4	Conformación de la subrasante	mts ²	12917,55	Q35,77	Q462 083,08
5	Base granular e=0.10m	mts ³	1420,925	Q99,99	Q142 072,89
6	Pavimento rígido e=0.15 m	mts ³	1937,6325	Q1 665,00	Q3 226 158,11
7	Excavación para drenaje transversal	m ³	37,2	Q270,46	Q10 061,11
8	Concreto ciclopeo (cajas y cabezales)	m ³	12,7	Q789,10	Q10 021,57
9	Tubería de cemento 30 pulg.	ml	12	Q805,39	Q9 664,68
8	Cunetas revestidas	ml	5167,02	Q166,47	Q860 146,56
TOTAL					Q5 675 166,71

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Cronograma de ejecución e inversión

Renglón	Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
1	Replanteo topográfico	0,15					Q851 275,01
2	Excavación no clasificada		0,08				Q454 013,34
3	Excavación no clasificada de desperdicio			0,12			Q1 532 295,01
4	Conformación de la subrasante			0,15	0,12		Q681 020,01
5	Base granular e=0.10m				0,1	0,08	Q567 516,67
6	Pavimento rígido e=0.15 m						Q454 013,34
7	Excavación para drenaje transversal					0,03	Q170 255,00
8	Concreto ciclopeo (cajas y cabezales)					0,02	Q113 503,33
9	Tubería de cemento 30 pulg.					0,02	Q113 503,33
8	Cunetas revestidas				0,13		Q737 771,67
Avance físico		15,00%	20,00%	27,00%	18,00%	20,00%	
Avance financiero		Q851 275,01	Q1 135 033,34	Q1 532 295,01	Q1 021 530,01	Q1 135 033,34	Q5 675 166,71

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN XATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, QUICHÉ

3.1. Descripción del proyecto

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Xatinap V, Santa cruz del Quiché, Quiché es de gran importancia, ya que tendrán una mejor calidad de vida, ayudando a tener un medio ambiente más sano, al ir eliminando las descargas de aguas negras.

Se determinó diseñar un alcantarillado sanitario, debido al factor económico y funcional del sistema, ya que es un área rural.

La red tiene una línea principal en la cual se diseñaron, pozos de visita, la tubería a utilizar será de PVC y tendrá un diámetro mínimo de 6", las cuales deben cumplir con las Normas ASTM 3034.

3.2. Estudios topográficos

Una de las bases fundamentales en un proyecto vial es la topografía. La aplicación de la planimetría y altimetría es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen las condiciones geométricas del lugar, antes de la ejecución de un proyecto determinado.

3.2.1. Planimetría

Estudio por el cual se representa la superficie terrestre en un plano horizontal, con la utilización de aparatos y métodos de cálculo adecuados, con el fin de obtener las rutas adecuadas de desfogue y ubicación de los pozos de visita.

Los métodos usados en levantamientos planimétricos son:

- Conservación del azimut
- Rumbos
- Distancias

Para este levantamiento se utilizó el método de conservación de azimut, y se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito Pentex, un estadal, una cinta métrica de 50 metros de longitud, una brújula y 4 plomadas.

3.2.2. Altimetría

Es la medición de la altura de una superficie de la Tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que juntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones.

3.3. Partes de un alcantarillado

Esta infraestructura es vital para el desarrollo, y por eso es importante dar a conocer los elementos básicos que conforman un sistema de alcantarillado sanitario.

3.3.1. Colector principal

Conducto principal que se ubica en el centro de las calles, transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta su disposición final, ya sea hacia una planta de tratamiento, o a un cuerpo receptor. Generalmente son secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC o concreto, el trayecto comúnmente es subterráneo.

3.3.2. Pozos de visita

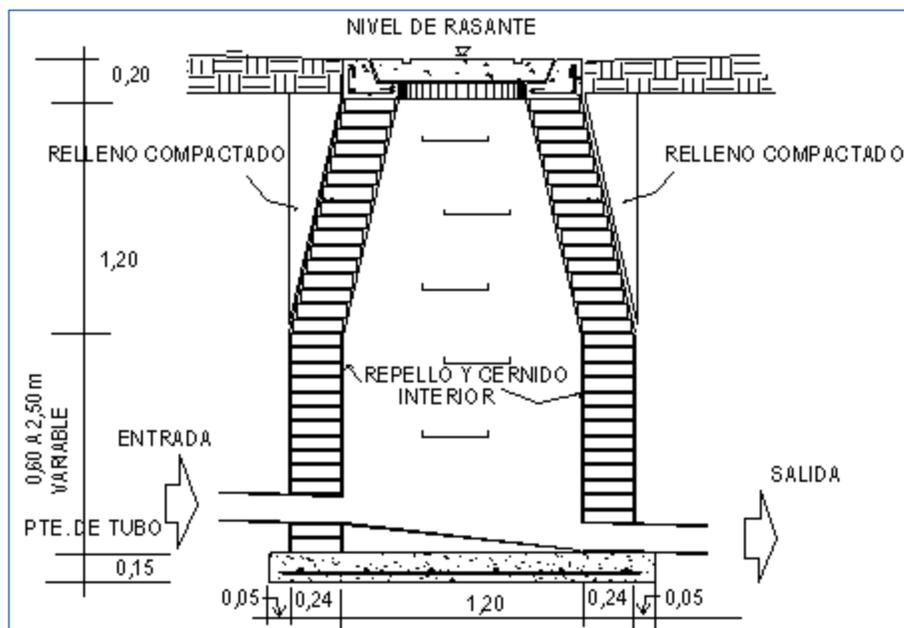
Son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleadas como medio de inspección y limpieza. Según las normas generales para el diseño de alcantarillado del Instituto de Fomento Municipal, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro.
- Cambio de pendiente.
- Cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24 pulgadas.
- Intersecciones de tuberías colectoras.
- Extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancias menores de 100 metros en línea recta, en diámetros hasta de 24 pulgadas.

- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas.

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura de 0,50 a 0,60 metros. El marco descansa sobre las paredes del pozo, que se ensanchan con este diámetro, hasta llegar a la alcantarilla, su profundidad es variable y sus paredes suelen ser construidas de ladrillo, de barro cocido, cuando son pequeños; y de hormigón cuando son muy grandes, el fondo de los pozos de visita se hace regularmente de hormigón, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o a los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Figura 14. **Pozo de visita**



Fuente: LÓPEZ ENRÍQUEZ, GerberIvan. *Diseño de alcantarillado sanitario*. p. 21.

3.3.3. Conexiones domiciliarias

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al colector central. Se plantearán dos tipos de acometidas: individuales y conjuntas.

- Acometidas individuales: tienen como finalidad transportar las aguas residuales originadas en las viviendas al drenaje secundario o cualquier otro drenaje, excepto a otra acometida domiciliar. Normalmente se construye una caja de inspección para acometida; esta tendrá una tapa removible a nivel de la superficie con el objetivo de facilitar las labores de mantenimiento en la conexión.
- Acometidas conjuntas: en el caso de viviendas unifamiliares, cuyo frente sea de seis metros o cuando las condiciones económicas lo requieran, se podrá construir una sola caja de empalme para cada dos viviendas, con el fin de tener una sola acometida a la red principal.

Las conexiones domiciliarias constan de las siguientes partes:

- Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 centímetros; si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas. Estos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

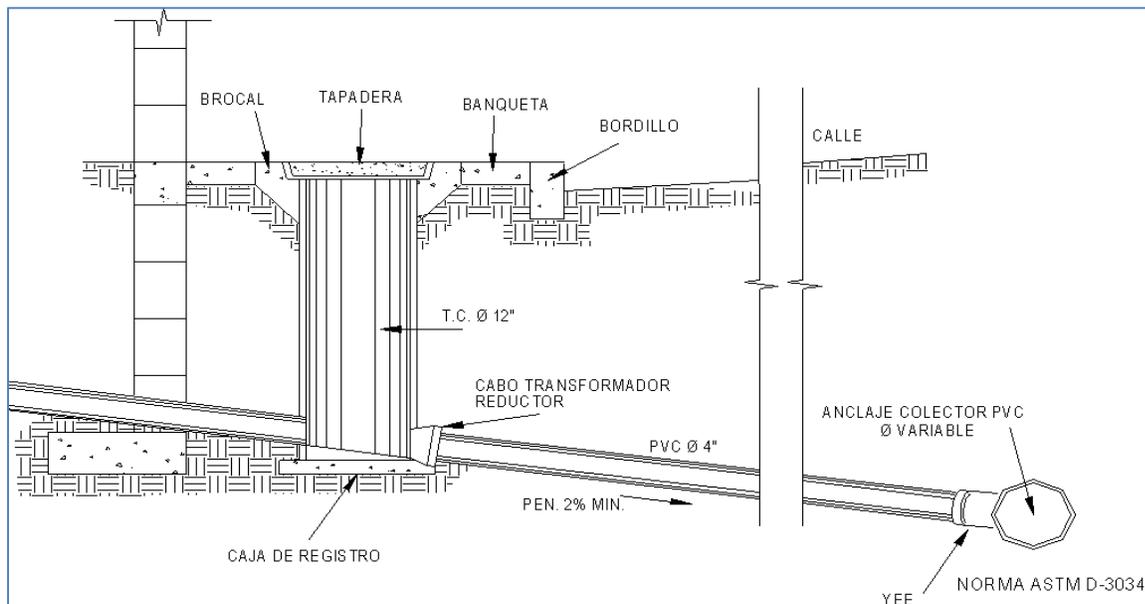
El fondo tiene que ser fundido de concreto, y dejar la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y poder

llevarlas al colector central. La altura mínima de la candela será de un metro.

- Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con el colector central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC, con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %, a efecto de evacuar adecuadamente el agua.

La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo entre 30 y 60 grados; en el sector se tomará un ángulo de 45 grados aguas abajo, uniendo el tubo de PVC de 6" con el tubo general con el accesorio silleta tipo Y.

Figura 15. **Conexión domiciliar**



Fuente: LÓPEZ ENRÍQUEZ, GerberIvan. *Diseño de alcantarillado sanitario*. p. 21.

3.4. Período de diseño

Al momento de elaborar cualquier proyecto de alcantarillado, hay que tomar la decisión acerca del tiempo que la construcción servirá a la comunidad, antes de que deba abandonarse o ampliarse por resultar ya inadecuada. Es necesario, por lo tanto, estimar la población futura, así como las áreas probables de anexión a la comunidad que requieran de alcantarillado y su tipo probable de desarrollo.

El período de diseño es un criterio que adopta el diseñador según sea la conveniencia del proyecto, se da un margen de 1 año adicional por motivo de gestión para obtener el financiamiento e iniciar la construcción del mismo; por lo tanto, el período de diseño del sistema de alcantarillado será de 20 años, según normas de instituciones como la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) y la Oficina Panamericana de la Salud (OPS).

3.5. Población futura

Debido a los datos con que se cuenta para poder estimar la población a servir, se utilizará el método de incremento geométrico, el cual por la forma de obtención de estos datos y su facilidad de uso, es el más aconsejable para la estimación de poblaciones futuras para países en vías de desarrollo, el cual está dado por la fórmula siguiente:

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

Donde:

Pf = población futura

Po = población último censo

r = tasa de crecimiento

n = tiempo transcurrido entre el último censo, el año correspondiente y el final del período de diseño

3.6. Determinación de caudales

En sistemas de alcantarillados la población que tributaría caudales al sistema, se calcula con los métodos de estimación de población futura.

- Caudal domiciliar: es la cantidad de agua que, después de ser utilizada, se evacúa hacia el drenaje, la fórmula es la que se utiliza para el caudal máximo de origen domiciliar tomando como base el número de conexiones en función de la población.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dotación} * \text{núm. habitantes} * \text{FR}}{86\,400}$$

Donde:

Q_{dom} tiene dimensionales de lts/seg.

Caudal de infiltración: es el caudal que se infiltra en el alcantarillado dependiendo de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad en que estará la tubería, la forma de instalación y de la permeabilidad del terreno. Su ecuación es:

$$Q_{inf} = \frac{\text{Factor} * \text{Infiltración} * [\text{LongitudDrenaje} + (\text{núm. casas} * 6)]}{1\ 000}$$

Con base en las *Normas para el Diseño de Alcantarillados del 2001* del INFOM, ya que la tubería será instalada sobre el nivel freático, se pueden usar la siguiente ecuación:

$$Q_{inf} = 0,01 * \text{diámetro}$$

Donde:

Diámetro = diámetro de la tubería en pulgadas.

- Caudal industrial: es el caudal proveniente de industrias y la dotación industrial dependerá el tipo de industria. En el caso de este proyecto no se tomará en cuenta este caudal, ya que no hay industrias que se puedan considerar. Su ecuación es:

$$Q_{ind} = \frac{\text{Dotación} * \text{Industrias}}{86\ 400}$$

- Caudal de conexiones ilícitas: algunos usuarios conectan sus bajadas de agua pluvial al sistema de alcantarillado lo que no es lícito. En estos casos se debe calcular este caudal como un porcentaje del total de conexiones en función del área de techos, patios y lo más importante es la intensidad de lluvia, su ecuación es:

$$Q_{cnx} = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

Qcnx = caudal por conexiones ilícitas, en m³/s

C = coeficiente de escorrentía, en porcentaje

I = intensidad de lluvia, en mm/hr

A = área que es factible conectar ilícitamente, en hectáreas

Tomando en cuenta las *Normas para el Diseño de Alcantarillados del 2001* del INFOM, se recomienda esta ecuación práctica:

$$Q_{ci} = 0,01 * Q_{dom}$$

- Caudal comercial: es el caudal proveniente de edificaciones comerciales y la dotación comercial dependerá del tipo de establecimiento como hoteles, restaurantes, entre otros. En el caso de este proyecto no se tomará en cuenta este caudal, ya que no hay comercios grandes que se puedan considerar, lo único son algunas tiendas pequeñas que hay en el cantón, pero se consideraron como caudal domiciliar.

$$Q_{com} = \frac{\text{Dotación} * \text{Comercios}}{86\ 400}$$

- Factor de caudal medio: es la suma de todos los caudales anteriores, dividido por la suma de habitantes a servir y se expresa en litros por segundo por habitante. La fórmula es:

$$FQ_{medio} = \frac{Q_{medio}}{\text{núm. habitantes}}$$

Donde:

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{esc}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{conex}}$$
$$0,02 \leq Q_{\text{medio}} \leq 0,05$$

- Caudal de diseño: este caudal es para el que se diseña un tramo del sistema cumpliendo con los requisitos de tirante y velocidad. La ecuación es:

$$Q_{\text{dís}} = \text{núm. hab.} * F.H * F.Q.M$$

Donde:

núm. hab. = número de habitantes futuros acumulados

FH = factor de Hardmond

FQM = factor de caudal medio

3.7. Fundamentos hidráulicos

El principio básico para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, es transportar las aguas negras por la tubería como si fuese un canal abierto, funcionando por gravedad, y cuyo flujo está determinado por la rugosidad del material y por la pendiente del canal.

Particularmente, para sistemas de alcantarillado sanitarios, se emplean canales circulares cerrados, y para no provocar ninguna molestia se construyen subterráneos, estando la superficie del agua afectada solamente por la presión atmosférica y por muy pocas presiones provocadas por los gases de la materia en descomposición que dichos caudales transportan.

3.7.1. Ecuación de Manning para flujo de canales

Para encontrar valores que determinen la velocidad y caudal que se conducen en un canal, desde hace años se han propuesto fórmulas experimentales, en las cuales se involucran los factores que más afectan el flujo de las aguas en el conducto.

Se encontraron fórmulas según las cuales existía un coeficiente C, el cual era tomado como una constante, pero se comprobó que es una variable que dependía de la rugosidad del material usado, de la velocidad y del radio medio hidráulico, y por lo tanto, no se definía con exactitud la ley de la fricción de los fluidos. La ecuación de Manning se define de la siguiente manera.

$$V = \left(\frac{0,034 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} \right)$$

Donde:

V = velocidad = metros por segundo

D = diámetro de tubería = pulgadas

S = pendiente del terreno

N = coeficiente de rugosidad, depende del tipo de material de la tubería

3.7.2. Relaciones hidráulicas

Es el conjunto de operaciones estrictamente analizadas que dan resultados de una tubería que trabaja a sección parcialmente llena tales como: velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena,

de los resultados, se elabora el gráfico y tablas utilizando para esto la fórmula de Manning.

Relación q/Q : relación que 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 velocidad del flujo a sección llena. Para hallar 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 la altura del flujo dentro de la tubería (tirante) 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 $0,10 \leq d/D \leq 0,75$.

Para utilizar las tablas, primero se determina, la relación (q/Q), el valor se busca en las tablas y si no está el valor exacto, se busca uno que sea aproximado hacia el mayor o el menor; en la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), y de la misma forma se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad en una sección llena y así obtener la velocidad de la sección parcial.

Diseño $< Q$ sec llena

La velocidad debe estar comprendida entre:

$0,40 \text{ m / seg.} \leq V$ para que existan fuerzas de tracción y arrastre de los sólidos, para PVC.

$V \leq 4,00 \text{ m / seg}$ para evitar el deterioro de la tubería debido a la fricción producida por la velocidad y la superficie de la tubería de PVC.

$0,60 \text{ m / seg.} \leq V$ para que existan fuerzas de tracción y arrastre de los sólidos, para tubería de concreto.

$V \leq 3.00 \text{ m / seg}$ para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por la velocidad y la superficie de la tubería de concreto.

El tirante debe estar entre: $0,10 \leq d/D \leq 0,75$

Tabla XVIII. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,0880	0,00015	0,1025	0,0540	0,4080	0,02202
0,0125	0,0237	0,1030	0,00024	0,1050	0,0558	0,4140	0,02312
0,0150	0,0031	0,1160	0,00036	0,1075	0,0578	0,4200	0,02429
0,0175	0,0039	0,1290	0,00050	0,1100	0,0599	0,4260	0,02550
0,0200	0,0048	0,1410	0,00067	0,1125	0,0619	0,4320	0,02672
0,0225	0,0057	0,1520	0,00087	0,1150	0,0639	0,4390	0,02804
0,0250	0,0067	0,1630	0,00108	0,1175	0,0659	0,4440	0,02926
0,0275	0,0077	0,1740	0,00134	0,1200	0,0680	0,4500	0,03059
0,0300	0,0087	0,1840	0,00161	0,1225	0,0701	0,4560	0,03194
0,0325	0,0099	0,1940	0,00191	0,1250	0,0721	0,4630	0,03340
0,0350	0,0110	0,2030	0,00223	0,1275	0,0743	0,4680	0,03475
0,0375	0,0122	0,2120	0,00258	0,1300	0,0764	0,4730	0,03614
0,0400	0,0134	0,2210	0,00223	0,1325	0,0786	0,4790	0,03763
0,0425	0,0147	0,2300	0,00338	0,1350	0,0807	0,4840	0,03906
0,0450	0,0160	0,2390	0,00382	0,1375	0,0829	0,4900	0,04062
0,0475	0,0173	0,2480	0,00430	0,1400	0,0851	0,4950	0,04212
0,0500	0,0187	0,2560	0,00479	0,1425	0,0873	0,5010	0,04375
0,0525	0,0201	0,2640	0,00531	0,1450	0,0895	0,5070	0,04570
0,0550	0,0215	0,2730	0,00588	0,1475	0,0913	0,5110	0,04665
0,0575	0,0230	0,2710	0,00646	0,1500	0,0941	0,5170	0,04863
0,0600	0,0245	0,2890	0,00708	0,1525	0,0964	0,5220	0,05031
0,0625	0,0260	0,2970	0,00773	0,1550	0,0986	0,5280	0,05208
0,0650	0,0276	0,3050	0,00841	0,1575	0,1010	0,5330	0,05381
0,0675	0,0292	0,3120	0,00910	0,1600	0,1033	0,5380	0,05556
0,0700	0,0308	0,3200	0,00985	0,1650	0,1080	0,5480	0,05916
0,0725	0,0323	0,3270	0,01057	0,1700	0,1136	0,5600	0,06359
0,0750	0,0341	0,3340	0,01138	0,1750	0,1175	0,5680	0,06677
0,0775	0,0358	0,3410	0,01219	0,1800	0,1224	0,5770	0,07063
0,0800	0,0375	0,3480	0,01304	0,1850	0,1273	0,5870	0,07474
0,0825	0,0392	0,3550	0,01392	0,1900	0,1323	0,6960	0,07885
0,0850	0,0410	0,3610	0,01479	0,1950	0,1373	0,6050	0,08304
0,0875	0,0428	0,3680	0,01574	0,2000	0,1424	0,6150	0,08756
0,0900	0,0446	0,3750	0,01672	0,2050	0,1475	0,6240	0,09104
0,0925	0,0464	0,3810	0,01792	0,2100	0,1527	0,6330	0,09663

Continuación de la tabla XVIII.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,2200	0,1631	0,6510	0,10619	0,5900	0,6140	1,0700	0,65488
0,2250	0,1684	0,6590	0,11098	0,6000	0,6265	1,0700	0,64157
0,2300	0,1436	0,6690	0,11611	0,6100	0,6389	1,0800	0,68876
0,2350	0,1791	0,6760	0,12109	0,6200	0,6513	1,0800	0,70537
0,2400	0,1846	0,6840	0,12623	0,6300	0,6636	1,0900	0,72269
0,2450	0,1900	0,6920	0,13148	0,6400	0,6759	1,0900	0,73947
0,2500	0,1955	0,7020	0,13726	0,6500	0,6877	1,1000	0,75510
0,2600	0,2066	0,7160	0,14793	0,6600	0,7005	1,1000	0,77339
0,2700	0,2178	0,7300	0,15902	0,6700	0,7122	1,1100	0,78913
0,3000	0,2523	0,7760	0,19580	0,7000	0,7477	1,1200	0,85376
0,3100	0,2640	0,7900	0,20858	0,7100	0,7596	1,1200	0,86791
0,3200	0,2459	0,8040	0,22180	0,7200	0,7708	1,1300	0,88384
0,3300	0,2879	0,8170	0,23516	0,7300	0,7822	1,1300	0,89734
0,3400	0,2998	0,8300	0,24882	0,7400	0,7934	1,1300	0,91230
0,3500	0,3123	0,8430	0,26327	0,7500	0,8045	1,1300	0,92634
0,3600	0,3241	0,8560	0,27744	0,7600	0,8154	1,1400	0,93942
0,3700	0,3364	0,8680	0,29197	0,7700	0,5262	1,1400	0,95321
0,3800	0,3483	0,8790	0,30649	0,7800	0,8369	1,3900	0,97015
0,3900	0,3611	0,8910	0,32172	0,7900	0,8510	1,1400	0,98906
0,4000	0,3435	0,9020	0,33693	0,8000	0,8676	1,1400	1,00045
0,4100	0,3860	0,9130	0,35246	0,8100	0,8778	1,1400	1,00045
0,4200	0,3986	0,9210	0,36709	0,8200	0,8776	1,1400	1,00965
0,4400	0,4238	0,9430	0,39963	0,8400	0,8967	1,1400	1,03100
0,4500	0,4365	0,9550	0,41681	0,8500	0,9059	1,1400	1,04740
0,4600	0,4491	0,9640	0,43296	0,8600	0,9149	1,1400	1,04740
0,4800	0,4745	0,9830	0,46647	0,8800	0,9320	1,1300	1,06030
0,4900	0,4874	0,9910	0,48303	0,8900	0,9401	1,1300	1,06550
0,5000	0,5000	1,0000	0,50000	0,9000	0,9480	1,1200	1,07010
0,5100	0,5126	1,0090	0,51719	0,9100	0,9554	1,1200	1,07420
0,5200	0,5255	1,0160	0,53870	0,9200	0,9625	1,1200	1,07490
0,5300	0,5382	1,0230	0,55060	0,9300	0,9692	1,1100	1,07410
0,5400	0,5509	1,0290	0,56685	0,9400	0,9755	1,1000	1,07935
0,5500	0,5636	1,0330	0,58215	0,9500	0,9813	1,0900	1,07140

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

3.8. Parámetros de diseño hidráulico

Coeficiente de rugosidad: para tubos de concreto es de 0,014 y para tubos de PVC es de 0,010.

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

El tirante debe de estar entre:

$$0,10 < d / D < 0,75$$

Velocidades máximas y mínimas: se debe diseñar de modo que la velocidad mínima del flujo dentro del alcantarillado, para tuberías de PVC, trabajando a cualquier sección, sea por lo menos de 0,60 m/s.

No siempre es posible obtener esta velocidad mínima de diseño, debido a que existen ramales que sirven sólo a unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos; en tales casos, se acepta una velocidad mínima de 0,30 m/s; una velocidad menor permite que ocurra decantación de sólidos.

La velocidad máxima de diseño será de 2,50 m/s, ya que las velocidades mayores causan efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, piedras, etc.) producen un efecto abrasivo en la tubería.

3.9. Obras complementarias

Las obras complementarias son obras que tienen una función importante para el óptimo manejo de las aguas negras, y de opciones para la durabilidad de los alcantarillados y pozos de visita.

3.9.1. Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, se acostumbra establecer y dejar prevista una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T.

La tubería para éstas conexiones podría ser de 4 pulgadas de PVC, o de 6 pulgadas si es de concreto, presentando una pendiente que varía del 2 al 6 por ciento, que saldrán de la candela domiciliar hacia la línea principal, uniéndose a esta en un ángulo de 45 grados, a favor de la corriente del caudal interno del colector; es decir, con las características que ya se han planteado.

3.9.2. Colector

Es el conducto principal que se ubica en el centro de las calles, transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta su

disposición final, ya sea hacia una planta de tratamiento, o a un cuerpo receptor.

Generalmente son secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC o concreto, el trayecto comúnmente es subterráneo.

- Diámetro del colector: el diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto o de 6" para tubos de PVC. En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC, utilizando en este último caso un reductor de 4" x 3" como protección de obstrucciones a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliar, la cual deberá ser de un mínimo de 12".
- Profundidad del colector: la profundidad de la parte superior de la tubería, respecto del nivel de la superficie, se recomienda que sea de 1,20 metros como mínimo, para evitar que las cargas vivas dañen la tubería.

La pendiente en los tramos de la red de alcantarillado debe ajustarse para seguir un perfil similar al del terreno natural, evitándose así, excavaciones muy profundas.

- Ancho de zanja: a continuación, se presentan los valores de profundidad de tubería y ancho de la zanja, los que dependen del diámetro de tubería y de la profundidad.

Tabla XIX. **Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro (m)**

Prof. De zanja (m)	De 0.0 a 1.30	De 1.31a 1.85	De 1.86a 2.35	De 2.36a 2.85	De 2.86a 3.35	De 3.36a 3.85	De 3.86a 4.35	De 4.36a 4.85	De 4.86a 5.35	De 5.36a 5.85	De 5.86a 6.35
6"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10"		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12"		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15"		90	90	90	90	90	110	90	90	90	90
18"		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21"		110	110	110	110	110	135	110	110	110	110
24"		135	135	135	135	135	155	135	135	135	135
30"		135	155	155	155	155	175	155	155	155	155
36"			175	175	175	175	180	175	175	175	175
42"				190	190	190	210	180	180	190	190
48"				210	210	210	245	210	210	210	210
60"				245	245	245	280	245	245	245	245

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

3.9.3. Pozos de visita

Son estructuras de mampostería o prefabricadas que se utilizan en el extremo inicial de un tramo, la unión de varias tuberías, también se utilizan en cambios de dirección, pendientes y de diámetros, debiendo colocarse a distancias no mayores de 100 metros en línea recta de diámetros hasta de 24 pulgadas y en distancias no mayores a 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas.

Los pozos de visita también permiten darle mantenimiento y ventilación al alcantarillado.

- Cota invertida: es la distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, debe verificarse que la cota invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería.

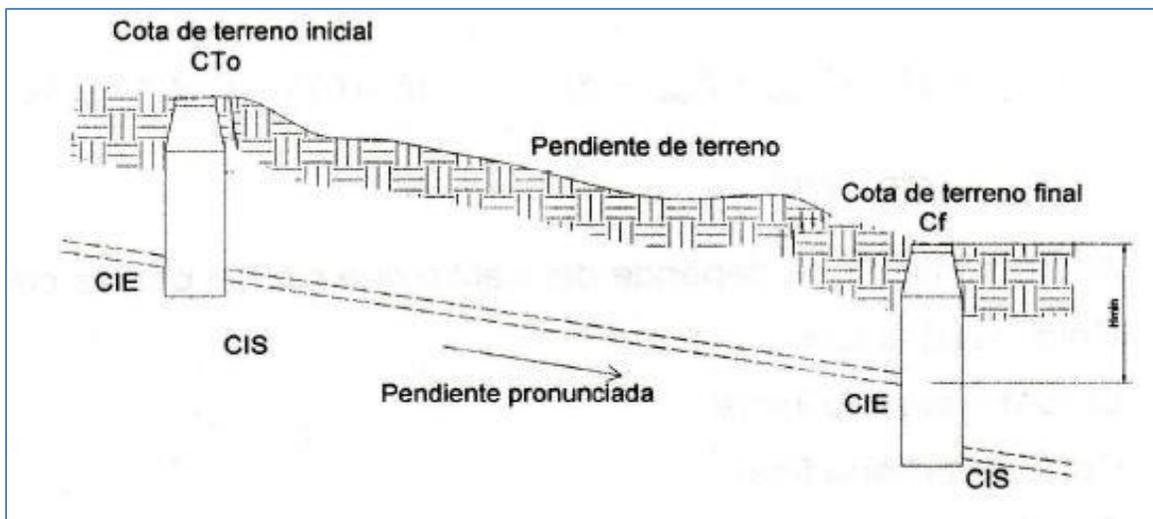
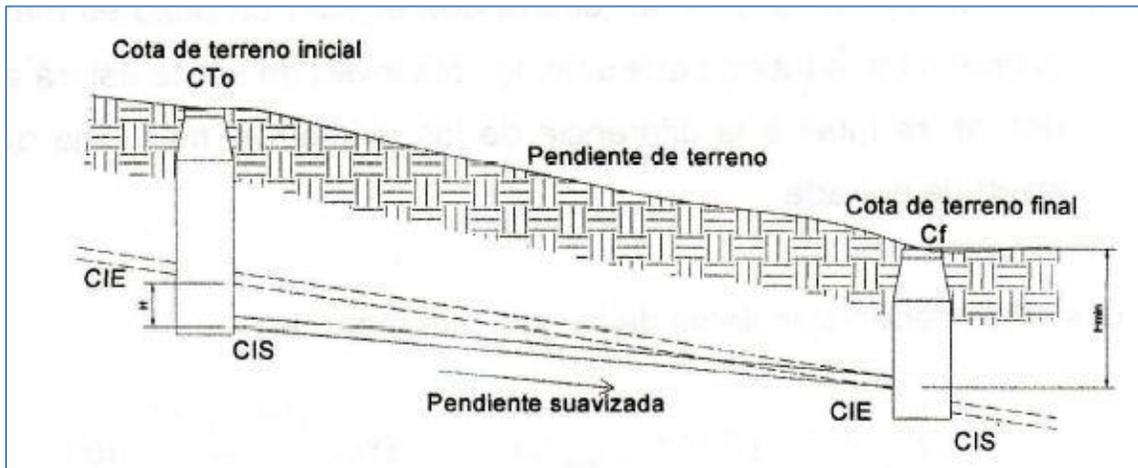
Para calcularlas, se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos. Al diseñar el sistema de drenaje sanitario, se deben considerar los siguientes aspectos que se refieren a las cotas invert de entrada y de salida de las tuberías en los pozos de visita:

Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, a cota invert de salida estará, como mínimo, a 3 centímetros debajo de la cota invert de entrada.

Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y sale otra de diferente diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada y salida.

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es diferente diámetro a las que ingresan en este, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

Figura 16. Caso especial de cota invert



Fuente: elaboración propia con programa de AutoCAD.

Tabla XX. Profundidad mínima de cota invert (m)

Diámetro	6"	8"	10"	12"
Tráfico normal	1.10	1.20	1.28	1.38
Tráfico pesado	1.20	1.40	1.58	1.61

Fuente: elaboración propia

3.10. Ejemplo de diseño de un tramo

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV-2 y PV-3.

El diseño hidráulico se realiza en una hoja de cálculo. A continuación se detalla el procedimiento de cálculo para el tramo entre los pozos.

Datos:

Cota del terreno inicial: 96,08 m

Cota del terreno final: 95,58 m

Longitud: 48,00 m

Viviendas del tramo: 20 unidades

Población actual = 20 x 5 = 100 habitantes

Población futura = 300 habitantes

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{95,58 - 96,08}{48,00} * 100 = 1,03 \%$$

Caudal domiciliar actual:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(200 \text{ l/hab}) / \text{día} * 100 \text{ hab} * 0,80}{(86\ 400)} = 0,19 \text{ l/s}$$

Caudal domiciliar futuro:

$$\frac{(200 \text{ l/hab}) / \text{día} * 100 \text{ hab} * 0,80}{(86\ 400)} = 0,62 \text{ l/s}$$

Caudal sanitario actual:

$$Q_{\text{sanitario}} = 0,19 + 0,08 + 0,04 = 0,30 \text{ l/s}$$

Caudal sanitario futuro:

$$Q_{\text{sanitario}} = 0,02 + 0,0069 + 0,001 = 0,82 \text{ l/s}$$

Factor de caudal medio:

Según Dirección General de Obras Públicas:

$$0,002 \leq F_{\text{qm.}} \leq 0,005$$

Ya que el valor es menor que el rango del factor de caudal medio se asume su valor más próximo el cual es 0,002

Caudal de diseño actual

$$Q_{\text{dis}} = 100 * 4,24 * 0,002$$

$$Q_{\text{dis}} = 1,27 \text{ l/s}$$

Caudal de diseño futuro

$$Q_{\text{dis}} = 333 * 4,06 * 0,002$$

$$Q_{\text{dis}} = 4,05 \text{ l/s}$$

Utilizando un diámetro de 8 pulgadas y una pendiente igual a 2,00, se tiene que, utilizando la fórmula de Manning, se calcula la velocidad y el caudal a sección llena del tubo, donde:

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

$$V = \frac{0,03429 * 8^{\frac{2}{3}} * 2,00^{1/2}}{0,010} = 1,94 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 1,94 * \pi * \frac{8^2}{2} * 0,01 = 62,90 \text{ l/s}$$

Relación hidráulica

Actual: $q/Q=0,02$

Futuro: $q/Q=0,06$

Actual: $v/V=0,40$

Futuro: $v/V=0,56$

Actual: $V=0,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ok

Futuro: $V=1,09 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ok

La velocidad cumple con los rangos, mínimo y máximo, establecidos en las Normas Generales para Diseño de Alcantarillados INFOM-2001 para tuberías de PVC.

3.11. Evaluación socioeconómica

En la mayoría comunidades, tienen lotes pequeños de tierra alrededor de sus viviendas (minifundistas), pero no poseen ningún sistema de drenaje y pocas casas cuentan con letrinas, por lo que se observó en los terrenos que se usan para siembra, la exposición de aguas negras en cualquier parte de los terrenos lo que hace necesario el drenaje de estos para evitar la contaminación ambiental, la proliferación de enfermedades gastrointestinales, entre otros.

Al realizar este análisis se ve la necesidad imperante del estudio de drenaje y conducirlos a un espacio en el cual se pueda desfogar con la certeza de que se evitará lo que se expuso anteriormente, los beneficios se acrecentarán en salud, ya que no se gastará tanto en medicina, se mejorará la producción agrícola y los niños tendrán un mejor rendimiento escolar.

3.11.1. Valor presente neto

Es el método conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo, permite determinar si una inversión dará ganancias o pérdidas. El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas:

VPN < 0, el proyecto no es rentable

VPN = 0, indica que exactamente se genera el porcentaje de utilidad que se desea.

VPN > 0, está indicando que la opción es rentable.

3.11.2. Tasa interna de retorno

Se define como la tasa en la cual el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene pérdidas ni ganancias. El cálculo de la tasa interna de retorno se puede realizar proponiendo dos tasas de utilidad diferentes, con las cuales se procede a encontrar las respectivas cantidades que representen el valor presente neto.

Debido a que este proyecto es de carácter social, no es posible tener una tasa interna de retorno atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza, es a nivel municipal. Este tipo de inversión es de costo/beneficio.

3.12. Propuesta de tratamiento

La planta de tratamiento es una instalación donde se recibirán únicamente las aguas residuales de esta población, con el fin de tratar estas aguas y mejorar la salud y el medio ambiente, ya tratadas las aguas se podrán usar nuevamente en actividades que no requieran la calidad de agua potable.

Cuando se diseña una planta de tratamiento de aguas residuales se trata de encontrar un punto óptimo entre eficiencia y economía de los procesos de tratamiento en este caso se recomienda una planta de tratamiento que funcione por gravedad ya que las que usan energía eléctrica son muy costosas de mantener. La planta de tratamiento tiene tres funciones principales:

- Remover los sólidos
- Reducir la materia orgánica y los contaminantes

- Restaurar el oxígeno

Requisitos para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales:

Estudios de caracterización y conducción del caudal de las aguas residuales a tratar, elección preliminar de procesos, realización de estudios a nivel laboratorio, elaboración de alternativas de diagramas de flujo de tratamiento, definición de los criterios de diseño, distribución física de los elementos de la planta de tratamiento, preparación de perfiles hidráulicos, elaboración del balance de sólidos, realización de planos de construcción, estimación de costos de ingeniería.

3.12.1. Diseño de fosas sépticas

En las fosas sépticas se produce el tratamiento primario del agua residual, en donde se separan o eliminan la mayoría de sólidos suspendidos en el agua, mediante el proceso físico de asentamiento.

A medida que el agua residual, procedente del sistema de alcantarillado, entra en la fosa y la velocidad de flujo se reduce, los sólidos mayores se hunden o suben a la superficie. De tal forma que, el cieno es la acumulación de sólidos en el fondo de la fosa y las natas son un conjunto de sólidos parcialmente sumergidos y flotantes que se forma en la superficie.

Dichos sólidos son sometidos a descomposición por procesos bacteriológicos, las bacterias presentes son de la variedad anaerobia, que prosperan en la ausencia de oxígeno, la descomposición o tratamiento de aguas residuales en condiciones anaerobias, es llamada séptica.

3.12.2. Dimensionamientos de los pozos de absorción

Para calcular las dimensiones del pozo no debe tomarse en cuenta el fondo de la excavación, porque se colmata rápidamente, sino sólo el área lateral. Una vez conocido el coeficiente de absorción y el diámetro, la profundidad del pozo se puede calcular con la siguiente relación:

$$H = \frac{K * N}{3,1416 * D}$$

Donde:

H= profundidad del pozo (m)

K = coeficiente de absorción (M²/hab/día)

N= número de persona servidas

D= diámetro del pozo (m)

3.13. Evaluación de impacto ambiental

En la construcción los impactos negativos se dan en suelo, aire y agua. Afectando tanto la salud de los pobladores del lugar, porque las aguas residuales son descargadas sobre la superficie del suelo, provocando la formación de lodo, la proliferación de zancudos que transmiten enfermedades; por lo que la población está teniendo una participación negativa en el ambiente.

La base del sistema es una matriz, en la cual las entradas de las columnas son las acciones del hombre que pueden alterar el medio y las entradas de las filas son los factores ambientales susceptibles de alterarse, con

estas entradas en columnas y filas se pueden definir las interacciones existentes.

Según la matriz de Leopold, este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, solo sucederá durante el período de construcción, el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación, provocando dificultades en el tránsito y posibles problemas de polvo. Como impacto ambiental positivo, se tiene la eliminación de aguas residuales que fluyen sobre la superficie del suelo, eliminando la posibilidad de contaminación de la capa freática y además la eliminación de fuentes de proliferación de enfermedades.

Deberá capacitarse a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.

Los trabajadores que se encargan de darle mantenimiento al sistema deben tener conocimiento sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.

Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, así se evita la creación de basureros clandestinos.

Tabla XXI. Matriz de Leopold

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

Fuente: elaboración propia.

3.14. Elaboración de planos y detalles

Los planos y detalles se encuentran en los apéndices.

Tabla XXII. Presupuesto

Renglón	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Limpieza y chapeo	ml	2524	Q1,50	Q3 786,00
2	Trazo y estaqueado	ml	2524	Q3,23	Q8 152,52
3	Excavación	mts ³	1711,27	Q50,00	Q85 563,50
4	Tubería PVC diámetro 6"	ml	2524	Q156,95	Q396 141,80
5	Pozo de visita	unidad	38	Q9 231,24	Q350 787,12
6	Relleno y compactación	mts ³	1211,52	Q35,00	Q42 403,20
7	Limpieza final	ml	2524	Q1,61	Q4 063,64
TOTAL					Q890 897,78

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Cronograma de ejecución e inversión

Renglón	Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Total	
1	Limpieza y chapeo	0,15				Q133 634,67	
2	Trazo y estaqueado		0,08			Q71 271,82	
3	Excavación		0,2			Q276 178,31	
4	Tubería PVC diámetro 6"			0,15	0,16	Q142 543,64	
5	Pozo de visita				0,14	0,08	Q124 725,69
6	Relleno y compactación					Q71 271,82	
7	Limpieza final				0,04	Q35 635,91	
Avance físico		15,00%	28,00%	31,00%	26,00%	Q890 897,78	
Avance financiero		Q133 634,67	Q249 451,38	Q276 178,31	Q231 633,42		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario se beneficiará a las familias, las cuales no contaban con un drenaje sanitario, es necesario para mejorar la vida de los habitantes evitar la proliferación de enfermedades gastrointestinales y a controlar la alteración de los sistemas ambientales.
2. Se diseñó la pavimentación del camino de Chuiquisís ya que es de terracería, provocando serios problemas en época de invierno, siendo intransitable; el proyecto va a brindar mejores condiciones de movilización, transporte, ahorro de tiempo y en general mejores condiciones para el desarrollo de los vecinos.
3. En la actualidad, las personas utilizan el servicio de letrinas aboneras y fosas sépticas domiciliarias, pero que no tienen la capacitación adecuada para utilizarla, presentan deterioro en las paredes donde se deposita la materia orgánica, con lo que existen fugas de las aguas negras con lo cual emanan malos olores.
4. A través del estudio y el diseño se puede determinar que el sistema puede ser realidad para el bienestar de la población.

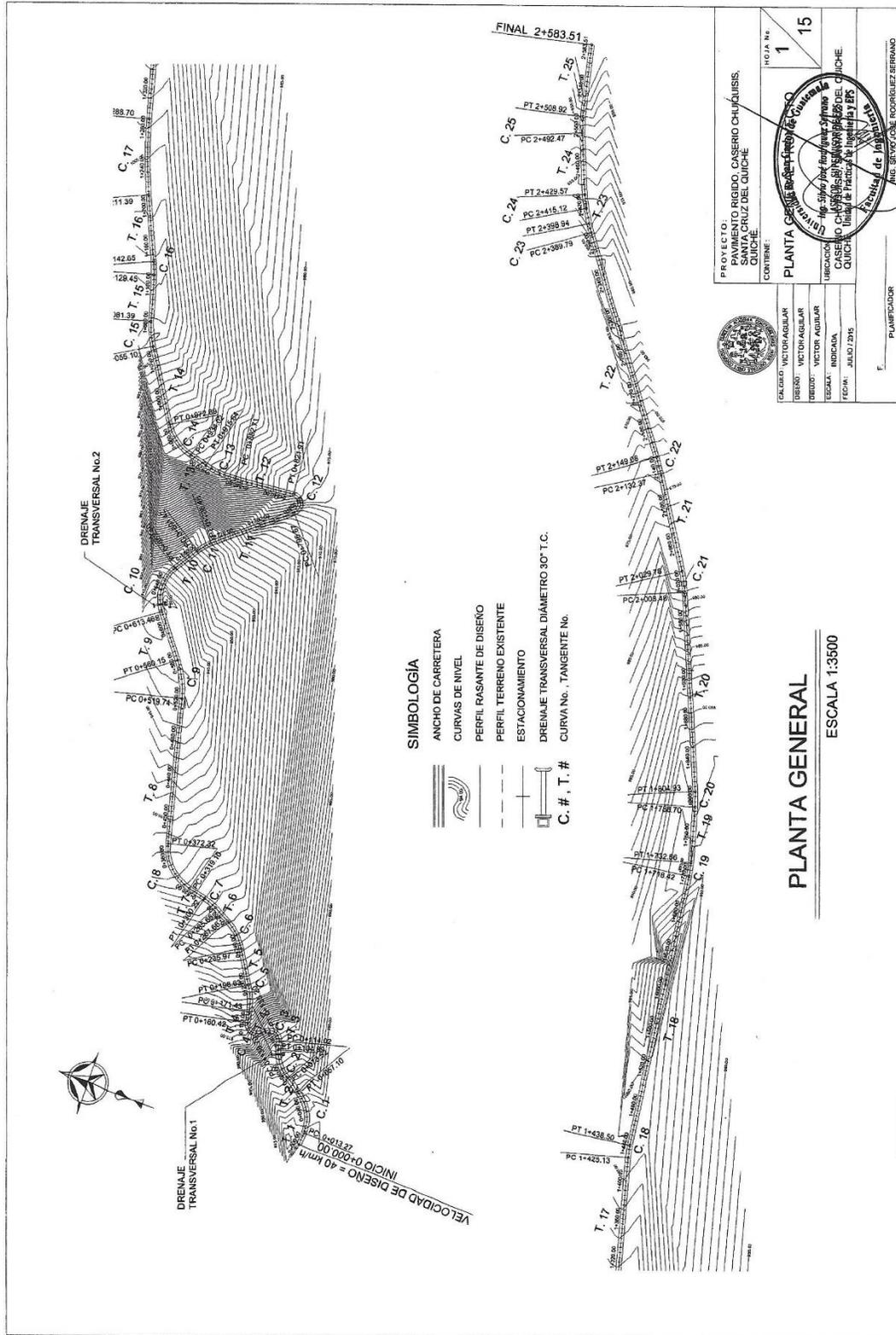
RECOMENDACIONES

1. Tener en cuenta un plan de limpieza de cunetas y tuberías transversales, antes de la época de invierno, ya que si estos se encuentran obstruidos o tapados con basura, es difícil que el agua pluvial evacue por ellos, lo cual puede traer como consecuencia taponamientos e inundaciones en el lugar.
2. Darle el mantenimiento necesario a los drenajes para no tener problemas en un futuro, también capacitar a los usuarios para que no llenen el drenaje de basura ni de ningún objeto que obstaculice el libre paso de las aguas sanitarias.
3. Saber adecuadamente la conformación, compactación de la subrasante y la base, así como la calidad de los agregados que se utilizarán para el concreto, ya que de esto depende el buen funcionamiento del pavimento.
4. En la construcción de los proyectos involucrar directamente a la comunidad, para que vean realmente la importancia de mantenerlos en buenas condiciones, pues en la reparación se invertirá demasiado dinero y tiempo, así evitar con esto que no le den el mantenimiento adecuado.
5. Hacer las gestiones ante la municipalidad, así como con diferentes instituciones, tanto gubernamentales como no gubernamentales, para lograr financiamiento de la ejecución de los proyectos, en el menor tiempo posible.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR VÁSQUEZ, William Abel. *Apuntes de ingeniería económica*. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. ARREAGA ESPAÑA, Héctor Amílcar, *Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 136 p.
3. CANTER, Larry W. *Manual de Evaluación de impacto ambiental*. 2a ed. México: McGraw Hill, 1998. 89 p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para diseño de alcantarillado*. Guatemala, 2001.
5. Pórtland Cement Association (PCA). *Design of concrete pavement for city streets*. USA, 1974.

APÉNDICES



DATOS DE CURVAS DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

CURVA No.	RADIO (m)	REFLEXION A	LONGITUD DE CURVA	SUBTANGENTE (m)	LONGITUD DE CURVA (m)	ORDENADA MEDIA (m)	EXTERNAL (m)	EST. FC	COORDENADA PC (X, Y)	EST. FT	COORDENADA FP (X, Y)	EST. PI	COORDENADA P (X, Y)			
CURVA 1	40.00	52.7001	43.809	24.407	41.669	3.854	0.0127	13.2503	0.6227	0.02710	-48.8040	10.3880	0.00708	37.6306	41.7080	
CURVA 2	40.00	44.8401	31.378	16.547	30.390	3.038	3.387	57.9914	33.6183	0.07552	82.2750	32.3840	0.00600	65.2420	41.9200	
CURVA 3	10.00	121.3548	21.180	17.603	17.438	5.103	10.420	0.11402	91.0260	54.6869	0.13220	97.5695	91.0151	0.15170	79.9066	67.0610
CURVA 4	10.00	104.4891	21.727	17.699	17.699	5.143	11.473	0.13870	92.7577	73.8903	0.16642	133.4693	103.3344	0.18516	121.7606	96.1020
CURVA 5	80.00	19.4789	27.186	13.721	27.687	1.153	1.170	0.11143	100.3202	65.3047	0.18843	188.8240	141.6242	0.20215	179.1465	131.3136
CURVA 6	60.00	30.3012	31.689	18.224	31.922	2.008	2.155	0.22507	163.3115	92.6389	0.26756	200.6270	114.9054	0.29295	189.8156	161.9198
CURVA 7	80.00	13.8628	14.528	7.305	14.503	0.440	0.495	0.09568	200.3114	153.2813	0.33732	241.1023	226.2492	0.34854	212.0170	201.6039
CURVA 8	50.00	60.8623	33.218	25.442	30.314	0.915	8.025	0.31510	200.3114	205.5343	0.45015	419.7383	284.2710	0.54123	402.0580	271.7150
CURVA 9	100.00	21.1532	48.010	28.059	45.941	7.253	8.860	0.01346	461.8838	316.9664	0.68240	507.7454	316.1547	0.61452	484.0281	328.1445
CURVA 10	40.00	70.8055	48.026	29.608	45.941	6.862	6.672	0.09142	532.2954	320.5465	0.70648	619.7543	220.5642	0.62010	627.4839	201.5230
CURVA 11	50.00	17.2509	15.056	7.587	15.055	0.822	22.901	0.17667	616.1330	220.1804	0.48219	616.0846	205.8075	0.44691	632.8440	209.6710
CURVA 12	10.00	144.6322	25.243	31.365	10.055	1.357	0.48271	614.3180	203.1213	0.01564	616.0846	205.8075	0.44691	632.8440	209.6710	
CURVA 13	100.00	18.8870	20.929	10.615	32.781	0.860	0.870	1.02510	781.5206	417.8244	1.14255	795.7941	448.5208	1.12606	789.7546	443.8740
CURVA 14	50.00	44.5436	38.072	26.478	37.800	3.270	4.031	0.03402	621.1888	345.9510	0.07786	643.4979	374.3010	0.05854	650.0540	349.5490
CURVA 15	100.00	15.0611	20.287	13.270	26.211	0.718	0.718	1.12745	781.5206	417.8244	1.14255	795.7941	448.5208	1.12606	789.7546	443.8740
CURVA 16	100.00	7.6023	13.200	6.510	13.191	0.623	0.274	1.42113	1052.7676	326.8006	1.43910	1075.8744	329.4598	1.44380	1059.2403	328.8680
CURVA 17	500.00	6.8498	7.308	39.121	77.231	1.693	0.261	1.17867	1401.1854	505.0414	1.40043	1426.4295	507.4564	1.37683	1428.9335	507.2720
CURVA 18	100.00	7.6571	13.384	6.692	13.354	0.626	0.438	2.10846	1653.8254	600.3208	2.02978	1642.4785	600.1869	2.01915	1633.4732	604.4540
CURVA 19	100.00	8.2734	14.440	7.232	14.427	0.626	0.127	2.10846	1653.8254	600.3208	2.02978	1642.4785	600.1869	2.01915	1633.4732	604.4540
CURVA 20	130.00	7.1538	8.126	16.231	21.280	0.626	0.105	2.10846	1653.8254	600.3208	2.02978	1642.4785	600.1869	2.01915	1633.4732	604.4540
CURVA 21	130.00	5.3693	21.504	10.676	16.703	0.626	0.262	2.14151	1692.2460	609.3006	2.42924	1674.1590	615.1487	2.38236	1666.4683	612.8680
CURVA 22	275.00	3.4685	16.706	8.266	16.703	0.626	0.262	2.14151	1692.2460	609.3006	2.42924	1674.1590	615.1487	2.38236	1666.4683	612.8680
CURVA 23	100.00	5.4208	9.152	4.529	9.149	0.626	0.262	2.14151	1692.2460	609.3006	2.42924	1674.1590	615.1487	2.38236	1666.4683	612.8680
CURVA 24	100.00	8.2790	14.450	7.227	14.427	0.626	0.262	2.14151	1692.2460	609.3006	2.42924	1674.1590	615.1487	2.38236	1666.4683	612.8680
CURVA 25	100.00	9.4225	16.445	8.241	16.427	0.626	0.262	2.14151	1692.2460	609.3006	2.42924	1674.1590	615.1487	2.38236	1666.4683	612.8680

DATOS DE TANGENTES DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

TANGENTE No.	LONGITUD (m)	AZMUT	EST. INICIO	COORDENADA INICIO	EST. FINAL	COORDENADA FINAL		
TANGENTE 14	18.38	137.47.03.29	0.01564	816.8846	326.6025	0.03842	821.1846	343.8510
TANGENTE 15	82.21	58.19.40.17	0.07280	843.8918	374.3010	1.00510	713.4653	417.4656
TANGENTE 16	48.98	73.22.32.21	1.08136	737.2426	425.1951	1.17945	783.4300	441.9244
TANGENTE 17	80.14	67.49.23.47	1.14265	795.7941	448.5208	1.21130	869.5101	474.6727
TANGENTE 18	136.43	74.47.04.17	1.28810	831.0861	507.7388	1.42513	1002.7076	538.6204
TANGENTE 19	279.92	82.20.29.71	1.43850	9075.8744	509.4698	1.77142	1421.1159	595.0414
TANGENTE 20	25.84	74.04.05.57	1.17326	1387.6227	579.7133	1.17870	1421.1159	595.0414
TANGENTE 21	203.54	69.54.51.92	1.48543	1426.4295	609.4564	2.40848	1823.8524	682.2688
TANGENTE 22	102.56	57.31.30.37	2.02578	1642.4785	600.1869	2.13337	1729.0304	742.2726
TANGENTE 23	240.71	54.02.33.97	2.16188	1421.1159	615.1487	2.39879	1837.8886	692.9880
TANGENTE 24	62.90	67.34.01.31	2.42924	1674.1590	615.1487	2.45027	2003.2962	639.7626
TANGENTE 25	74.60	76.56.22.44	2.45832	2045.8426	844.7510	2.45051	2111.6277	861.5454
TANGENTE 26	16.18	58.17.16.67	2.38616	1643.3323	301.0233	2.41112	1950.2460	639.7626

DATOS DE TANGENTES DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

TANGENTE No.	LONGITUD (m)	AZMUT	EST. INICIO	COORDENADA INICIO	EST. FINAL	COORDENADA FINAL		
TANGENTE 1	13.27	87.47.22.10	0.00100	13.2503	0.6227	0.01327	13.2503	0.6227
TANGENTE 2	16.42	29.55.34.23	0.06710	49.8029	10.3880	0.02352	65.2420	34.6958
TANGENTE 3	9.13	72.57.26.17	0.10481	82.2750	32.3840	0.11402	91.0260	54.6869
TANGENTE 4	3.49	37.30.01.07	0.13020	92.7577	73.8903	0.13870	97.5695	91.0151
TANGENTE 5	11.00	77.59.23.87	0.18042	133.4693	103.3344	0.22507	163.3115	92.6389
TANGENTE 6	37.34	56.30.39.67	0.18843	188.8240	141.6242	0.26756	200.6270	114.9054
TANGENTE 7	18.03	29.14.09.57	0.29295	200.6270	114.9054	0.33732	241.1023	226.2492
TANGENTE 8	19.88	77.27.01.07	0.37232	241.1023	226.2492	0.45015	419.7383	284.2710
TANGENTE 9	17.42	57.17.48.38	0.45015	419.7383	284.2710	0.54123	402.0580	271.7150
TANGENTE 10	53.31	57.17.48.38	0.45015	419.7383	284.2710	0.54123	402.0580	271.7150
TANGENTE 11	29.03	138.35.57.35	0.70648	616.1330	220.1804	0.79667	616.0846	205.8075
TANGENTE 12	80.19	35.55.01.07	0.82019	616.1330	220.1804	0.86827	616.0846	205.8075

PROYECTO
PAVIMENTO RIGIDO, CASERIO CHUJUISIS,
CANTON CRUZ DEL QUICHE,
GUATEMALA

DATOS DE ALINEAMIENTO

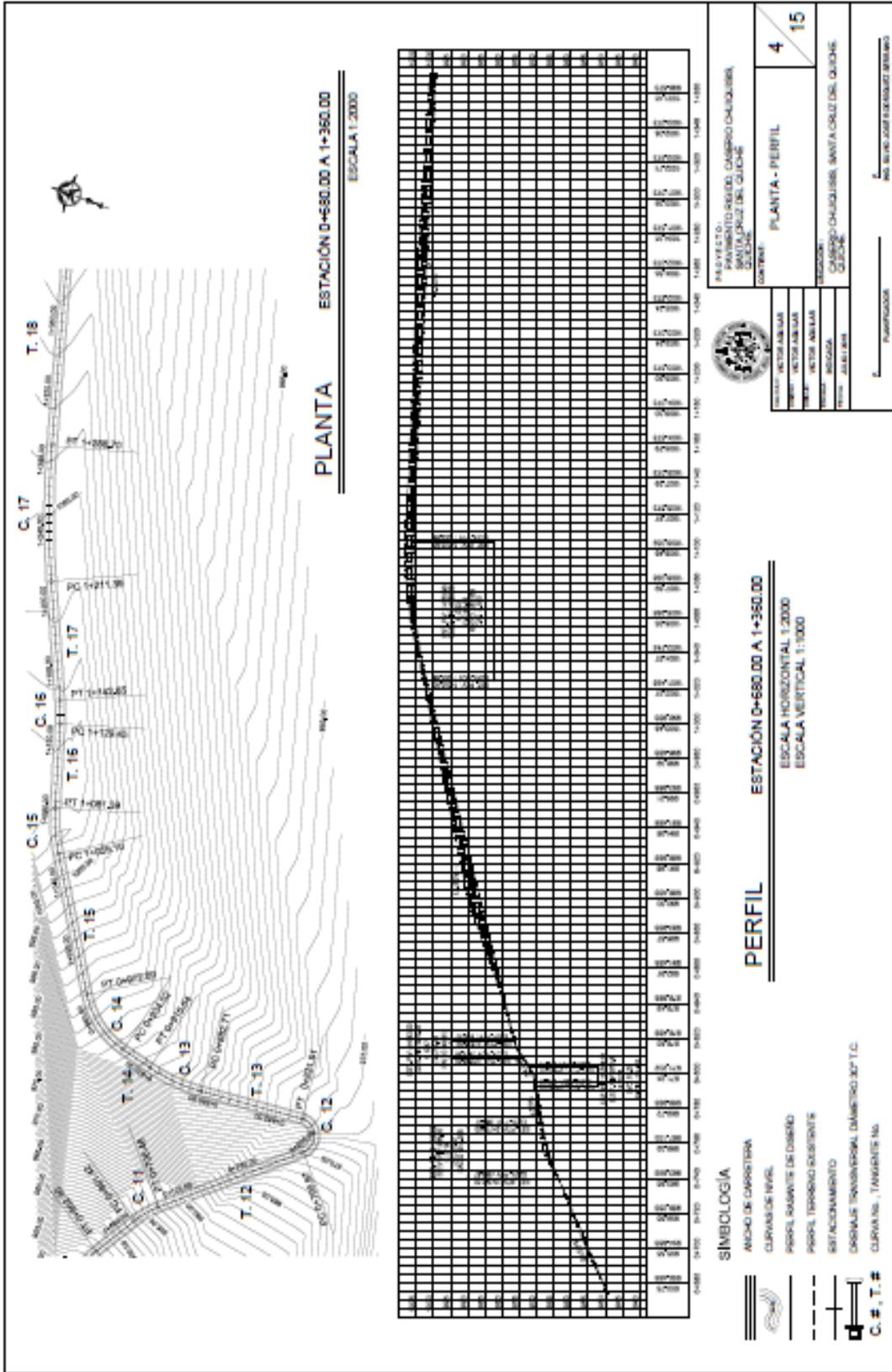
HORIZONTAL

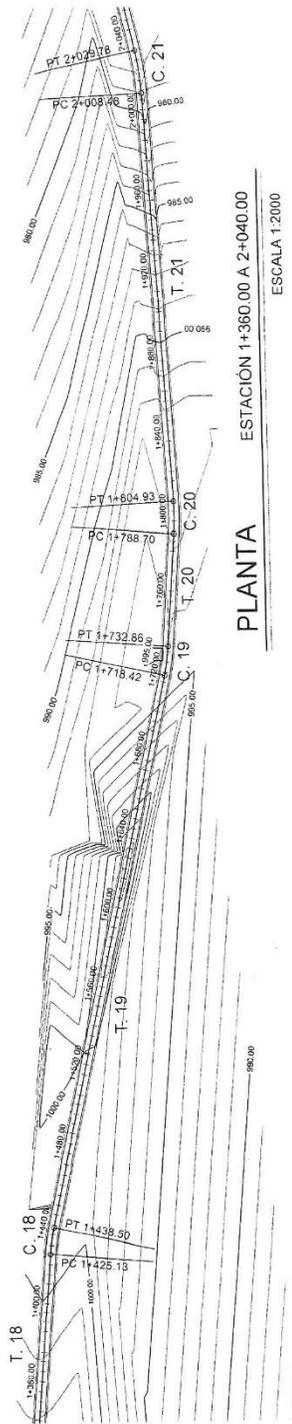
2 / 15

URBANO
CASERIO CHUJUISIS
CANTON CRUZ DEL QUICHE
GUATEMALA

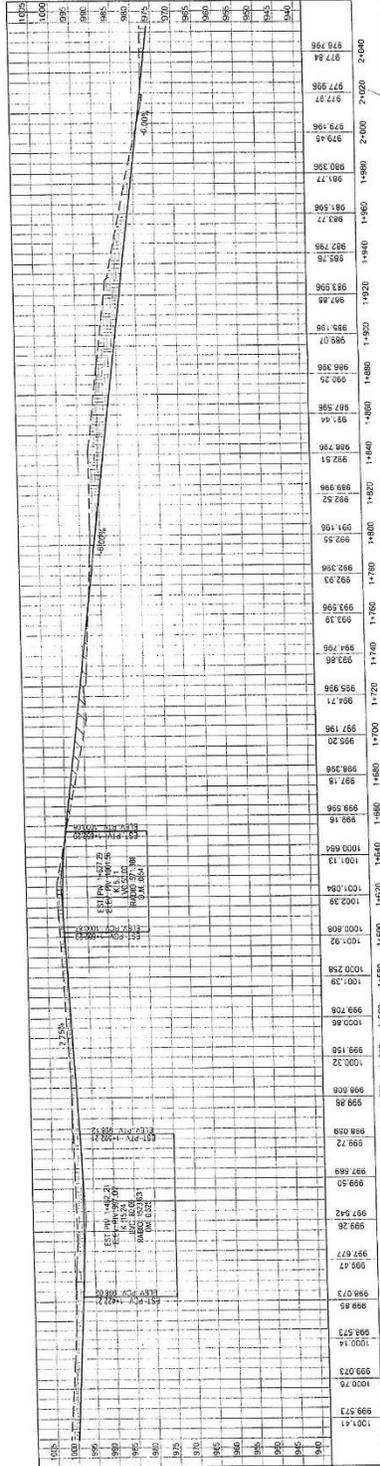
FECHA: JULIO 2015

E. PLANIFICADOR
ING. JESÚS RODRÍGUEZ BERNARD





PLANTA ESTACIÓN 1+360.00 A 2+040.00
ESCALA 1:2000



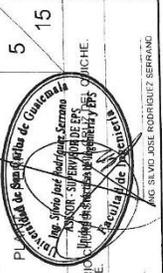
PERFIL ESTACIÓN 1+360.00 A 2+040.00
ESCALA HORIZONTAL 1:2000
ESCALA VERTICAL 1:1000

- SIMBOLOGÍA**
- ANCHO DE CARRETERA
 - CURVAS DE NIVEL
 - PERFIL RASANTE DE DISEÑO
 - PERFIL TERRENO EXISTENTE
 - ESTACIONAMIENTO
 - DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO 30" T.C.
 - C. #, T. #
CURVA N° - TANGENTE N°

PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO, CASERIO CHIQUISIS, SANTA CRUZ DEL QUICHE, GUATEMALA.
CONTIENE: PLAN DE SEÑALAMIENTO DE CURVAS

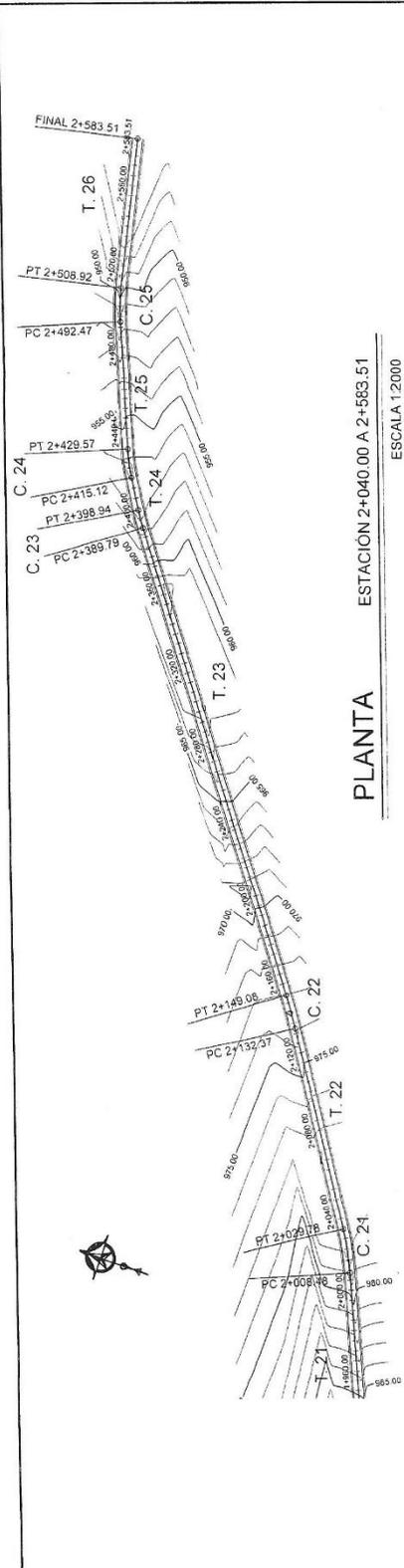


DISEÑADOR: VICTOR AGUILAR
REVISOR: VICTOR AGUILAR
ESCALA: INDICADA
FECHA: JULIO 2015

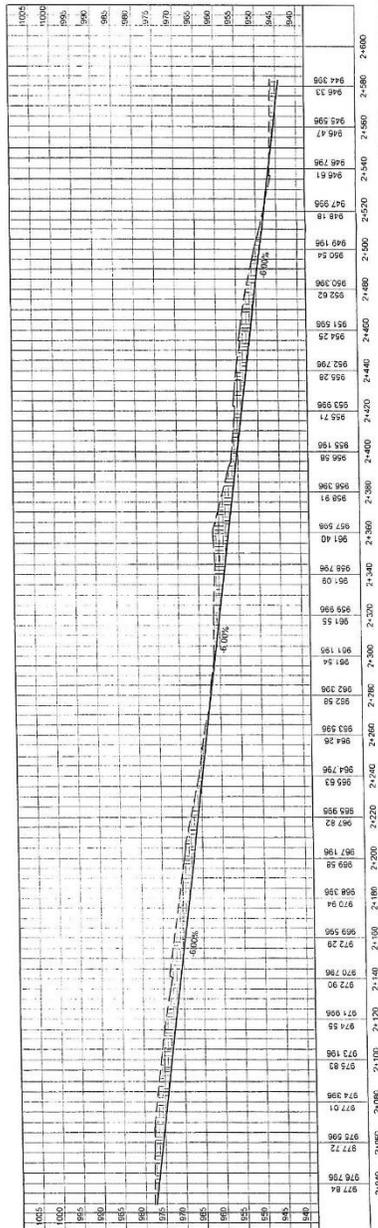


Ing. José Rodríguez Serrano
CARRERA: INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
UBICACIÓN: CASERIO CHIQUISIS, SANTA CRUZ DEL QUICHE, GUATEMALA.
FECHA: JULIO 2015

ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO



PLANTA ESTACIÓN 2+040.00 A 2+583.51
ESCALA 1:2000



PERFIL ESTACIÓN 2+040.00 A 2+583.51
ESCALA HORIZONTAL 1:2000
ESCALA VERTICAL 1:1000

- SIMBOLOGÍA**
- ANCHO DE CARRETERA
 - CURVAS DE NIVEL
 - PERFIL RASANTE DE DISEÑO
 - PERFIL TERRENO EXISTENTE
 - ESTACIONAMIENTO
 - DRENAJE TRANSVERSA DIÁMETRO 30" T.C.
 - C. #, T. #

PROYECTO
PAVIMENTO RIGIDO, CASERIO CHUIQUIS, SANTA CRUZ DEL OUICHE

CONTIENE
PLANTA PERFIL

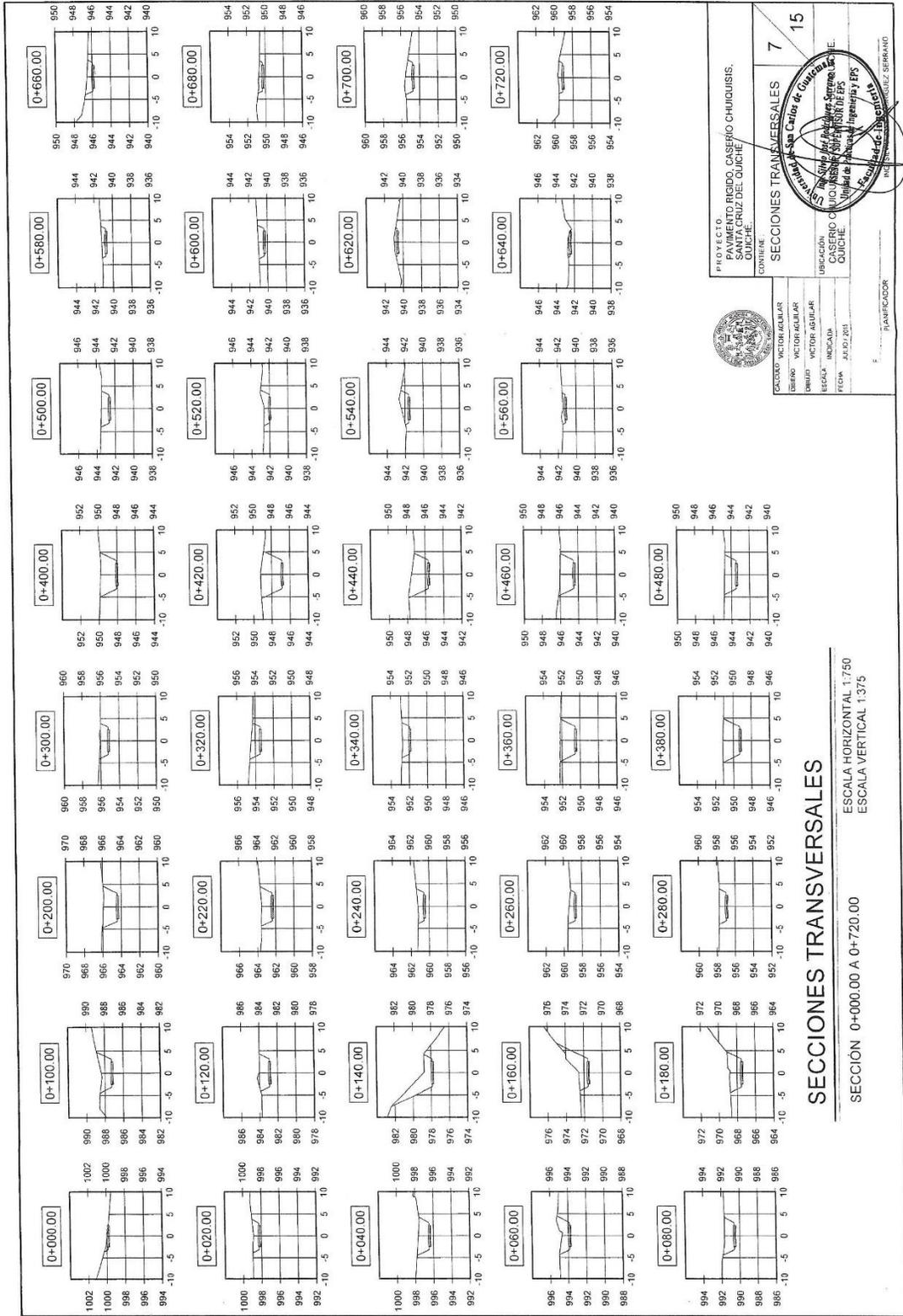
6 15

PLANTA PERFIL
Universidad de Chile de Ingeniería

PROFESOR: VICTOR AGUILAR
DISEÑO: VICTOR AGUILAR
ESCALA: INDICADA
FECHA: JUNIO 2010

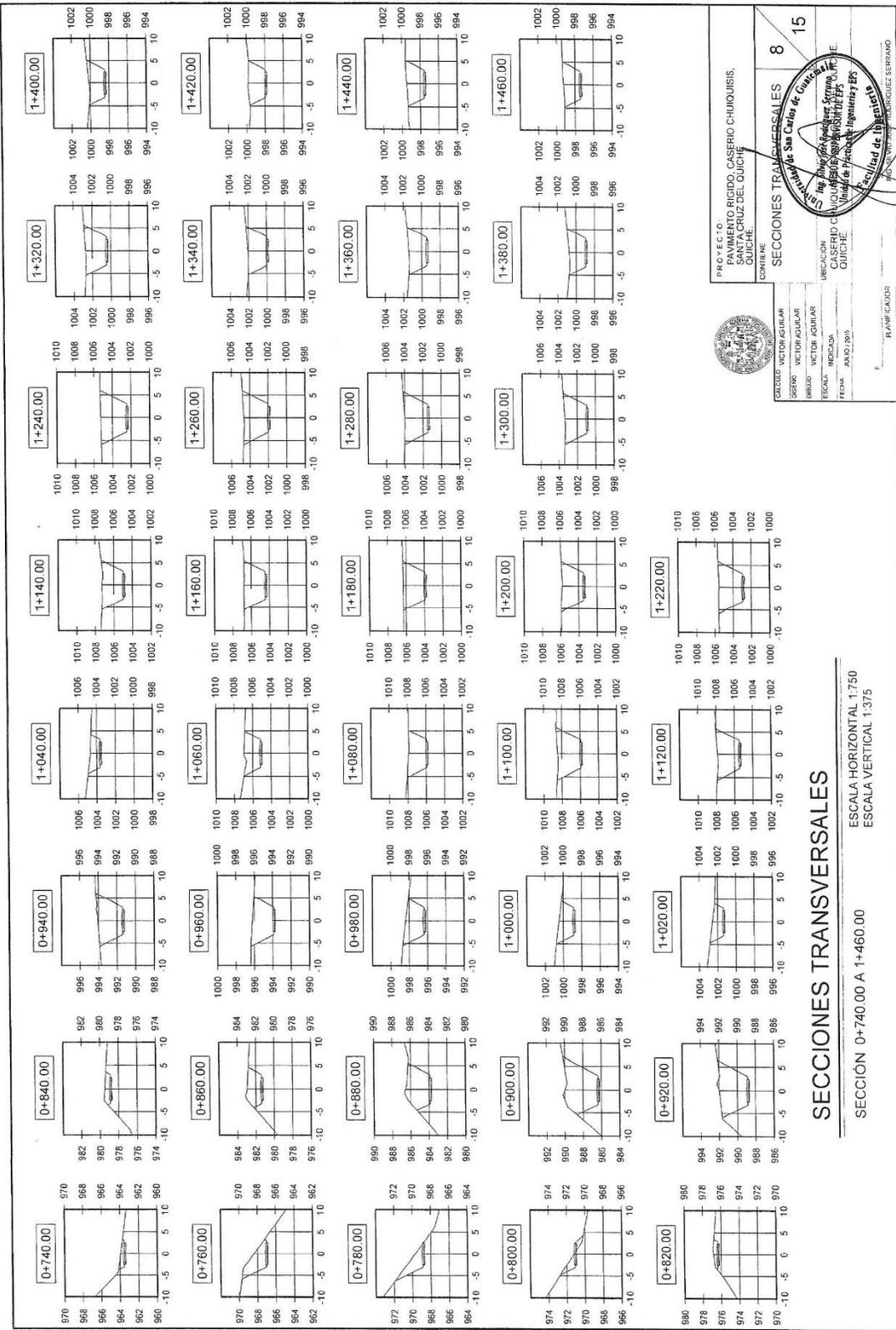
LIBRACION
CASERIO CHUIQUIS, SANTA CRUZ DEL OUICHE
UNIVERSIDAD DE CHILE DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

F. PLANIFICADOR
RODRIGUEZ SERIANO



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA HORIZONTAL 1:750
ESCALA VERTICAL 1:375



SECCIONES TRANSVERSALES

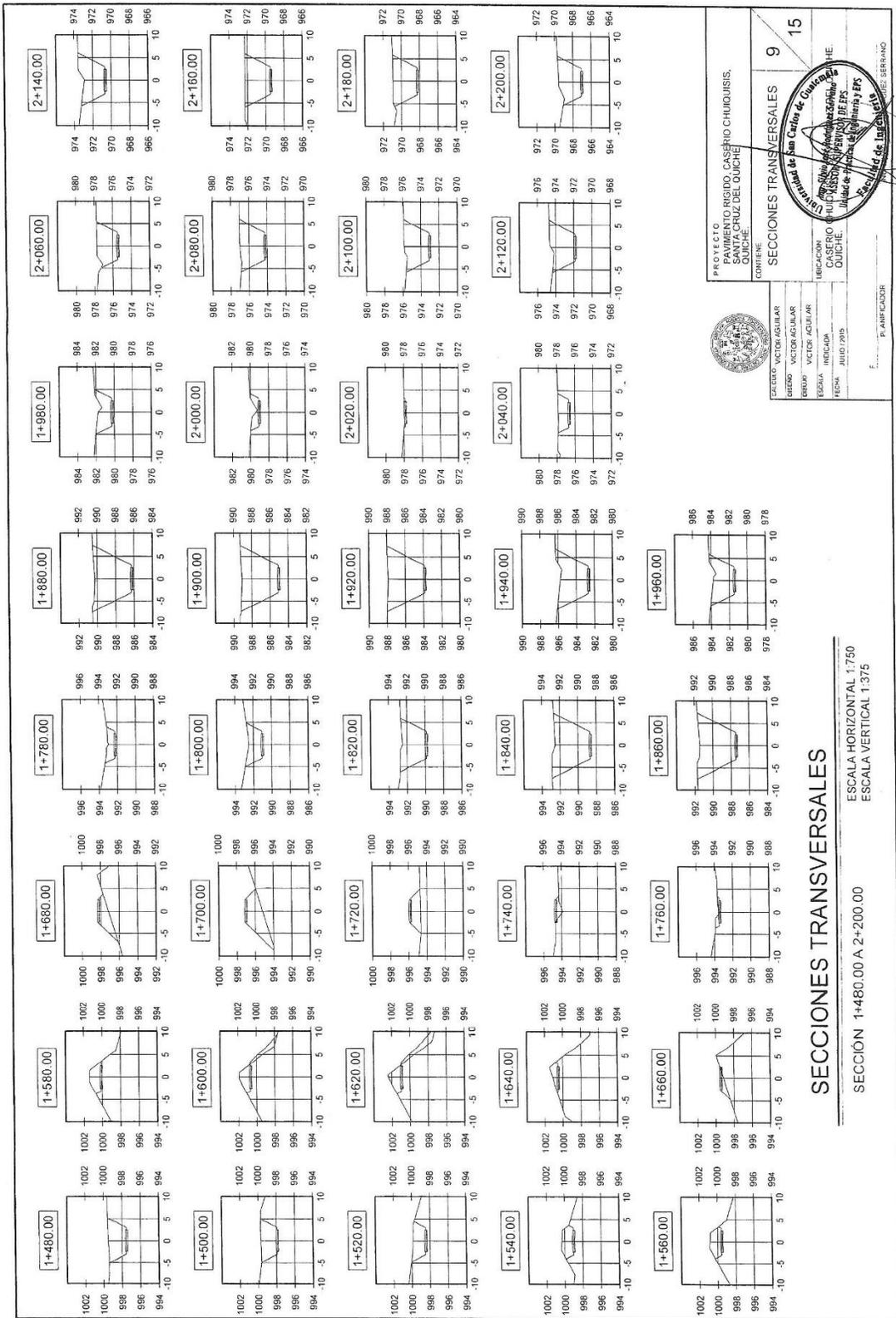
SECCIÓN 0+740.00 A 1+460.00
 ESCALA HORIZONTAL 1:750
 ESCALA VERTICAL 1:375



CARRERA VICTOR ASTILLAR
 DEPARTAMENTO VICTOR ASTILLAR
 FACULTAD VICTOR ASTILLAR
 ESCUELA INGENIERIA
 TURNO AÑO 2019

PROYECTO:
 PAVIMENTO RIGIDO, CASERIO CHUIQUISIS,
 SANTA CRUZ DEL QUICHE
 COMUNA:

SECCIONES TRANSVERSALES 8 15
 Universidad de San Carlos de Guaymas
 Ing. Víctor Astillar Serrano
 CASERIO CHUIQUISIS, SANTA CRUZ DEL QUICHE
 Facultad de Ingeniería
 E. PLANIFICADOR



PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO, CASERIO CHUQUISIS, PARQUE DEL QUICHE, QUICHE.
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES 9 15

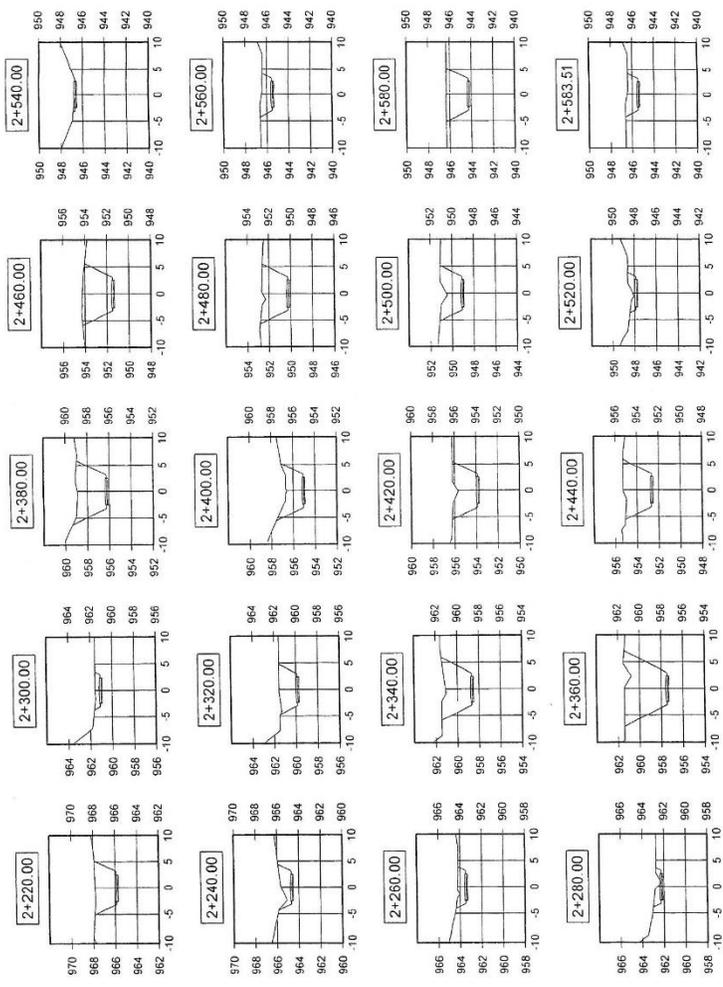
PALEOLO VICTOR AGUILAR
 GUARDIA VICTOR AGUILAR
 DISEÑO VICTOR AGUILAR
 ESCALA INDICADA
 FECHA: JUNIO 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 INSTITUTO VECINAL DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS
 CASERIO CHUQUISIS, PARQUE DEL QUICHE, QUICHE.
 Elaborado por: *[Signature]*
 Verificado por: *[Signature]*
 P. INGENIERO

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA HORIZONTAL 1:750
 ESCALA VERTICAL 1:375

SECCIÓN 1+480.00 A 2+200.00



PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO, CASERIO CHUQUISIS, SANTA CRUZ DEL QUICHE, QUICHE.
 COMIENZO: SECCIONES TRANSVERSALES 10 15
 UBICACION: CASERIO CHUQUISIS, PAVIMENTO RIGIDO, QUICHE.
 FECHA: JULIO 2015
 PLANIFICADOR:

DISEÑO: VICTOR AGUILAR
 DIBUJO: VICTOR AGUILAR
 ESCALA: INDICADA
 FASE:

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



SECCIONES TRANSVERSALES
 SECCION 2+220.00 A 2+583.51
 ESCALA HORIZONTAL 1:750
 ESCALA VERTICAL 1:375

TABLA DE VOLUMENES TOTALES

ESTACION	AREA DE RELLENO (M ²)	AREA DE RELLENO (M ²)	VOLUMEN DE RELLENO (M ³)	VOLUMEN DE CORTE (M ³)	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO (M ³)	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO (M ³)
1+920.00	0.00	43.05	0.00	860.69	946.61	25677.71
1+940.00	0.00	31.61	0.00	749.57	946.61	26427.29
1+960.00	0.00	21.87	0.00	537.84	946.61	26965.13
1+980.00	0.00	13.10	0.00	349.68	946.61	27314.80
2+000.00	0.00	5.59	0.00	186.84	946.61	27501.64
2+020.00	0.00	1.40	0.00	69.89	946.61	27571.53
2+040.00	0.00	9.52	0.00	109.19	946.61	27680.73
2+060.00	0.00	18.92	0.00	284.34	946.61	27965.07
2+080.00	0.00	24.86	0.00	439.76	946.61	28403.83
2+100.00	0.00	24.74	0.00	496.93	946.61	28800.76
2+120.00	0.00	24.16	0.00	489.99	946.61	29389.75
2+140.00	0.00	23.53	0.00	477.17	946.61	29865.92
2+160.00	0.00	25.36	0.00	499.06	946.61	30365.97
2+180.00	0.00	24.44	0.00	508.03	946.61	30874.01
2+200.00	0.00	21.16	0.00	456.01	946.61	31330.02
2+220.00	0.00	16.87	0.00	380.29	946.61	31710.31
2+240.00	0.00	7.33	0.00	242.03	946.61	31952.34
2+260.00	0.00	6.09	0.00	134.22	946.61	32086.56
2+280.00	0.00	3.72	0.00	98.13	946.61	32184.69
2+300.00	0.00	3.63	0.00	76.54	946.61	32261.24
2+320.00	0.00	13.51	0.00	174.37	946.61	32435.60
2+340.00	0.00	24.17	0.00	376.74	946.61	32812.34
2+360.00	0.00	39.58	0.00	637.50	946.61	33449.84
2+380.00	0.00	25.42	0.00	650.03	946.61	34099.86
2+400.00	0.00	15.23	0.00	406.75	946.61	34406.61
2+420.00	0.00	19.58	0.00	348.21	946.61	34654.82
2+440.00	0.00	22.74	0.00	422.95	946.61	35277.78
2+460.00	0.00	25.43	0.00	481.68	946.61	35759.46
2+480.00	0.00	21.30	0.00	467.30	946.61	36226.77
2+500.00	0.00	16.06	0.00	373.59	946.61	36600.36
2+520.00	0.00	4.40	0.00	204.48	946.61	36804.84
2+540.00	0.02	0.65	0.21	50.50	946.61	36855.34
2+560.00	0.00	8.28	0.21	89.29	947.04	36944.63
2+580.00	0.00	11.87	0.00	261.45	947.04	37206.08
2+583.51	0.00	0.00	0.00	31.40	947.04	37237.48

TABLAS DE VOLUMENES TOTALES

ESTACION 1+920.00 A 2+583.51 MOVIMIENTOS DE TIERRA



PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO, CASERIO CHUQUIS, SANTA CRUZ DEL QUICHE, QUICHE

CONTIENE: TABLA DE VOLUMENES DE MOVIMIENTOS DE TIERRA

ELABORADO POR: VICTOR AGUILAR

REVISADO POR: VICTOR AGUILAR

FECHA: INICIO

FECHA: JULIO 2015

PLANEADOR: _____

13

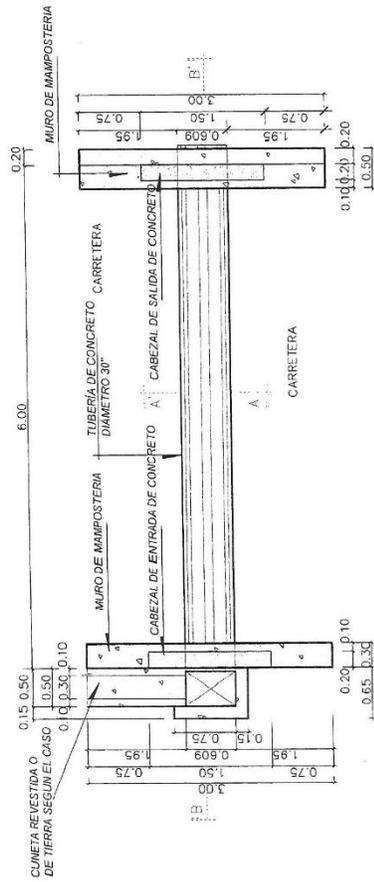
15

CASERIO CHUQUIS, SANTA CRUZ DEL QUICHE

UNIDAD DE PROYECTO: INGENIERIA Y EPS

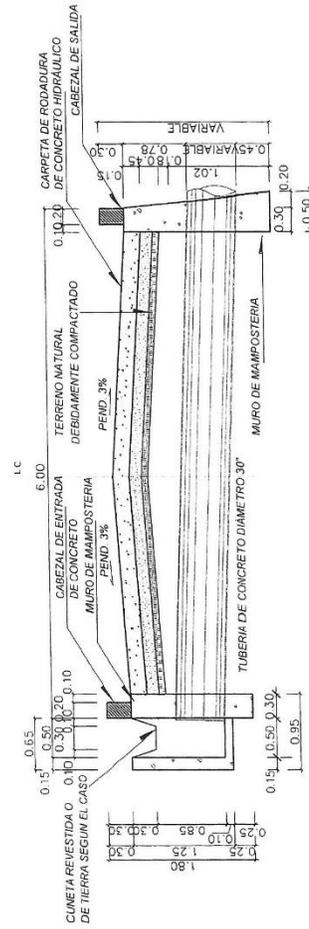
FECHA: JULIO 2015

PLANEADOR: _____



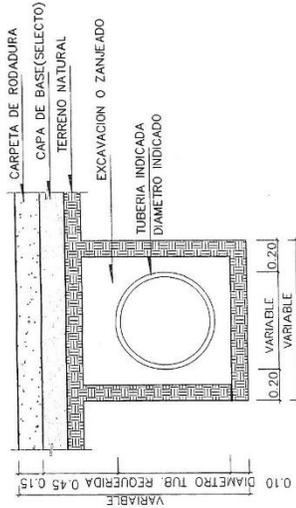
PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL

ESCALA 1:50



SECCION LONGITUDINAL B - B'

ESCALA 1:50



SECCION TRANSVERSAL A - A'

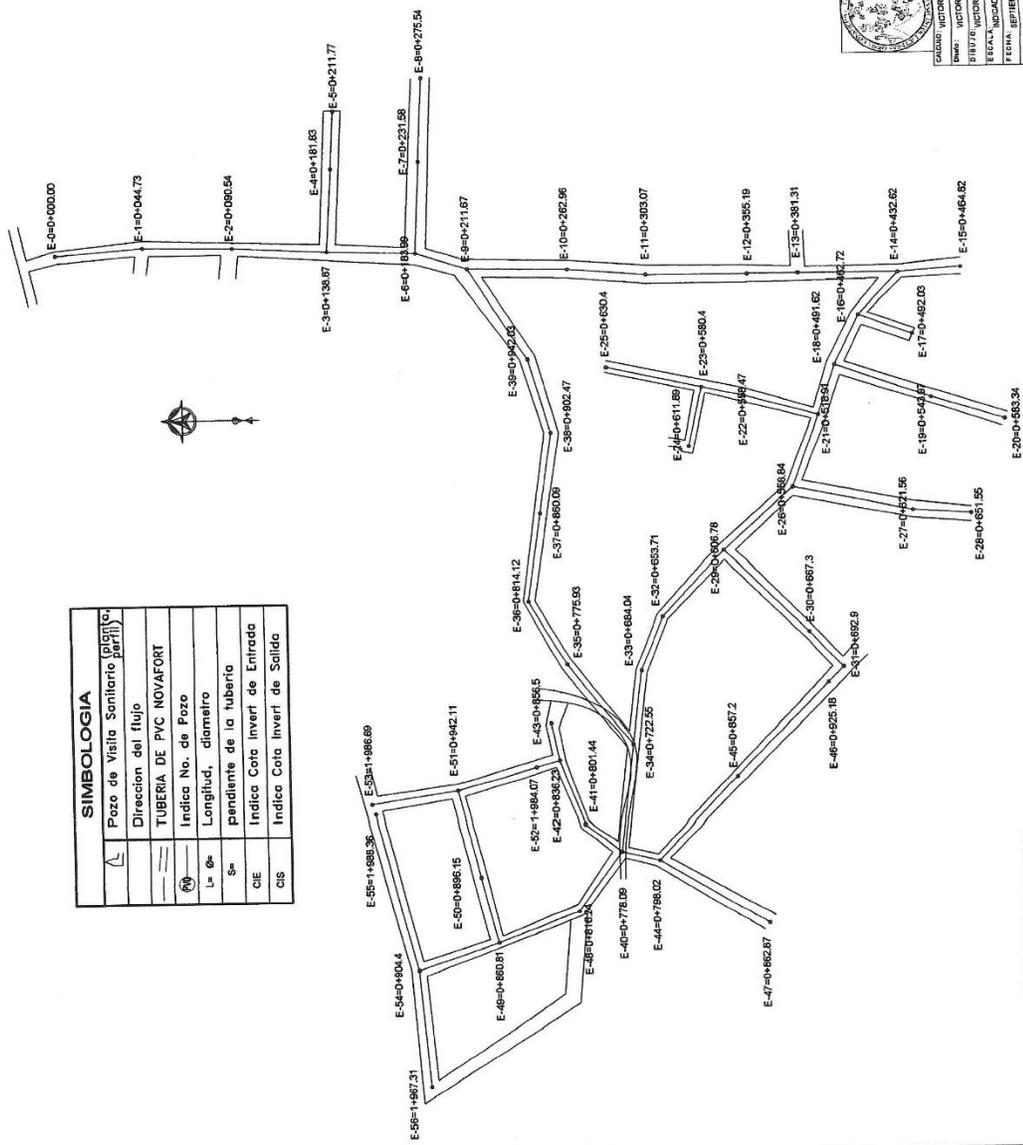
ESCALA 1:25

		PROYECTO RIGIDO CASERIO CHUIQUIS, SANTA CRUZ DEL OUICHE CONTIENE DRENAJE TRANSVERSAL	15 15
DISEÑO VICTOR AGUILAR DEBIDO VICTOR AGUILAR ESCALA INDICADA FECHA JULIO 2015	UBICACION CASERIO CHUIQUIS SANTA CRUZ DEL OUICHE FECHA JULIO 2015	UNIVERSIDAD DE CHILE Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería y EPS	PROFESOR GUILLERMO SERRANO

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Q28	Q29	Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	Q37	Q38	Q39	Q40	Q41	Q42	Q43	Q44	Q45	Q46	Q47	Q48	Q49	Q50	Q51	Q52	Q53	Q54	Q55	Q56	Q57	Q58	Q59	Q60	Q61	Q62	Q63	Q64	Q65	Q66	Q67	Q68	Q69	Q70	Q71	Q72	Q73	Q74	Q75	Q76	Q77	Q78	Q79	Q80	Q81	Q82	Q83	Q84	Q85	Q86	Q87	Q88	Q89	Q90	Q91	Q92	Q93	Q94	Q95	Q96	Q97	Q98	Q99	Q100	Q101	Q102	Q103	Q104	Q105	Q106	Q107	Q108	Q109	Q110	Q111	Q112	Q113	Q114	Q115	Q116	Q117	Q118	Q119	Q120	Q121	Q122	Q123	Q124	Q125	Q126	Q127	Q128	Q129	Q130	Q131	Q132	Q133	Q134	Q135	Q136	Q137	Q138	Q139	Q140	Q141	Q142	Q143	Q144	Q145	Q146	Q147	Q148	Q149	Q150	Q151	Q152	Q153	Q154	Q155	Q156	Q157	Q158	Q159	Q160	Q161	Q162	Q163	Q164	Q165	Q166	Q167	Q168	Q169	Q170	Q171	Q172	Q173	Q174	Q175	Q176	Q177	Q178	Q179	Q180	Q181	Q182	Q183	Q184	Q185	Q186	Q187	Q188	Q189	Q190	Q191	Q192	Q193	Q194	Q195	Q196	Q197	Q198	Q199	Q200	Q201	Q202	Q203	Q204	Q205	Q206	Q207	Q208	Q209	Q210	Q211	Q212	Q213	Q214	Q215	Q216	Q217	Q218	Q219	Q220	Q221	Q222	Q223	Q224	Q225	Q226	Q227	Q228	Q229	Q230	Q231	Q232	Q233	Q234	Q235	Q236	Q237	Q238	Q239	Q240	Q241	Q242	Q243	Q244	Q245	Q246	Q247	Q248	Q249	Q250	Q251	Q252	Q253	Q254	Q255	Q256	Q257	Q258	Q259	Q260	Q261	Q262	Q263	Q264	Q265	Q266	Q267	Q268	Q269	Q270	Q271	Q272	Q273	Q274	Q275	Q276	Q277	Q278	Q279	Q280	Q281	Q282	Q283	Q284	Q285	Q286	Q287	Q288	Q289	Q290	Q291	Q292	Q293	Q294	Q295	Q296	Q297	Q298	Q299	Q300	Q301	Q302	Q303	Q304	Q305	Q306	Q307	Q308	Q309	Q310	Q311	Q312	Q313	Q314	Q315	Q316	Q317	Q318	Q319	Q320	Q321	Q322	Q323	Q324	Q325	Q326	Q327	Q328	Q329	Q330	Q331	Q332	Q333	Q334	Q335	Q336	Q337	Q338	Q339	Q340	Q341	Q342	Q343	Q344	Q345	Q346	Q347	Q348	Q349	Q350	Q351	Q352	Q353	Q354	Q355	Q356	Q357	Q358	Q359	Q360	Q361	Q362	Q363	Q364	Q365	Q366	Q367	Q368	Q369	Q370	Q371	Q372	Q373	Q374	Q375	Q376	Q377	Q378	Q379	Q380	Q381	Q382	Q383	Q384	Q385	Q386	Q387	Q388	Q389	Q390	Q391	Q392	Q393	Q394	Q395	Q396	Q397	Q398	Q399	Q400	Q401	Q402	Q403	Q404	Q405	Q406	Q407	Q408	Q409	Q410	Q411	Q412	Q413	Q414	Q415	Q416	Q417	Q418	Q419	Q420	Q421	Q422	Q423	Q424	Q425	Q426	Q427	Q428	Q429	Q430	Q431	Q432	Q433	Q434	Q435	Q436	Q437	Q438	Q439	Q440	Q441	Q442	Q443	Q444	Q445	Q446	Q447	Q448	Q449	Q450	Q451	Q452	Q453	Q454	Q455	Q456	Q457	Q458	Q459	Q460	Q461	Q462	Q463	Q464	Q465	Q466	Q467	Q468	Q469	Q470	Q471	Q472	Q473	Q474	Q475	Q476	Q477	Q478	Q479	Q480	Q481	Q482	Q483	Q484	Q485	Q486	Q487	Q488	Q489	Q490	Q491	Q492	Q493	Q494	Q495	Q496	Q497	Q498	Q499	Q500	Q501	Q502	Q503	Q504	Q505	Q506	Q507	Q508	Q509	Q510	Q511	Q512	Q513	Q514	Q515	Q516	Q517	Q518	Q519	Q520	Q521	Q522	Q523	Q524	Q525	Q526	Q527	Q528	Q529	Q530	Q531	Q532	Q533	Q534	Q535	Q536	Q537	Q538	Q539	Q540	Q541	Q542	Q543	Q544	Q545	Q546	Q547	Q548	Q549	Q550	Q551	Q552	Q553	Q554	Q555	Q556	Q557	Q558	Q559	Q560	Q561	Q562	Q563	Q564	Q565	Q566	Q567	Q568	Q569	Q570	Q571	Q572	Q573	Q574	Q575	Q576	Q577	Q578	Q579	Q580	Q581	Q582	Q583	Q584	Q585	Q586	Q587	Q588	Q589	Q590	Q591	Q592	Q593	Q594	Q595	Q596	Q597	Q598	Q599	Q600	Q601	Q602	Q603	Q604	Q605	Q606	Q607	Q608	Q609	Q610	Q611	Q612	Q613	Q614	Q615	Q616	Q617	Q618	Q619	Q620	Q621	Q622	Q623	Q624	Q625	Q626	Q627	Q628	Q629	Q630	Q631	Q632	Q633	Q634	Q635	Q636	Q637	Q638	Q639	Q640	Q641	Q642	Q643	Q644	Q645	Q646	Q647	Q648	Q649	Q650	Q651	Q652	Q653	Q654	Q655	Q656	Q657	Q658	Q659	Q660	Q661	Q662	Q663	Q664	Q665	Q666	Q667	Q668	Q669	Q670	Q671	Q672	Q673	Q674	Q675	Q676	Q677	Q678	Q679	Q680	Q681	Q682	Q683	Q684	Q685	Q686	Q687	Q688	Q689	Q690	Q691	Q692	Q693	Q694	Q695	Q696	Q697	Q698	Q699	Q700	Q701	Q702	Q703	Q704	Q705	Q706	Q707	Q708	Q709	Q710	Q711	Q712	Q713	Q714	Q715	Q716	Q717	Q718	Q719	Q720	Q721	Q722	Q723	Q724	Q725	Q726	Q727	Q728	Q729	Q730	Q731	Q732	Q733	Q734	Q735	Q736	Q737	Q738	Q739	Q740	Q741	Q742	Q743	Q744	Q745	Q746	Q747	Q748	Q749	Q750	Q751	Q752	Q753	Q754	Q755	Q756	Q757	Q758	Q759	Q760	Q761	Q762	Q763	Q764	Q765	Q766	Q767	Q768	Q769	Q770	Q771	Q772	Q773	Q774	Q775	Q776	Q777	Q778	Q779	Q780	Q781	Q782	Q783	Q784	Q785	Q786	Q787	Q788	Q789	Q790	Q791	Q792	Q793	Q794	Q795	Q796	Q797	Q798	Q799	Q800	Q801	Q802	Q803	Q804	Q805	Q806	Q807	Q808	Q809	Q810	Q811	Q812	Q813	Q814	Q815	Q816	Q817	Q818	Q819	Q820	Q821	Q822	Q823	Q824	Q825	Q826	Q827	Q828	Q829	Q830	Q831	Q832	Q833	Q834	Q835	Q836	Q837	Q838	Q839	Q840	Q841	Q842	Q843	Q844	Q845	Q846	Q847	Q848	Q849	Q850	Q851	Q852	Q853	Q854	Q855	Q856	Q857	Q858	Q859	Q860	Q861	Q862	Q863	Q864	Q865	Q866	Q867	Q868	Q869	Q870	Q871	Q872	Q873	Q874	Q875	Q876	Q877	Q878	Q879	Q880	Q881	Q882	Q883	Q884	Q885	Q886	Q887	Q888	Q889	Q890	Q891	Q892	Q893	Q894	Q895	Q896	Q897	Q898	Q899	Q900	Q901	Q902	Q903	Q904	Q905	Q906	Q907	Q908	Q909	Q910	Q911	Q912	Q913	Q914	Q915	Q916	Q917	Q918	Q919	Q920	Q921	Q922	Q923	Q924	Q925	Q926	Q927	Q928	Q929	Q930	Q931	Q932	Q933	Q934	Q935	Q936	Q937	Q938	Q939	Q940	Q941	Q942	Q943	Q944	Q945	Q946	Q947	Q948	Q949	Q950	Q951	Q952	Q953	Q954	Q955	Q956	Q957	Q95
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

CHEQUEOS	ALTIMETRIA COTA INVERT.		COTA TERRENO		COTAS INVERT.		PROFUNDIDAD POZO		ALTURA PASO DE ZANIA	EXCAVACION (m³)	RELENO (m³)
	V (muro)	V (actual)	INICIO	FINAL	ENTRADA	SALIDA	INICO	FINAL			
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	100.00	97.82	96.08	0.00	95.00	0.00	1.00	1.00	27.97
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	96.76	96.08	96.76	0.00	96.76	1.06	1.09	0.60	30.65
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	95.58	97.82	95.04	0.00	95.04	1.04	1.07	0.60	27.97
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	94.86	96.08	94.06	0.00	94.06	1.04	1.07	0.60	31.92
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	94.86	95.58	94.06	0.00	94.06	1.29	1.37	0.60	29.21
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	94.86	94.86	93.57	0.00	93.57	1.29	1.26	0.60	20.25
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	93.20	94.86	93.26	0.00	93.26	1.06	1.07	0.60	31.28
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	92.98	93.20	92.23	0.00	92.23	1.05	1.07	0.60	26.63
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	92.98	92.98	91.69	0.00	91.69	1.14	1.07	0.60	24.15
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	91.69	92.98	91.69	0.00	91.69	1.14	1.17	0.60	37.55
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	90.35	91.69	90.56	0.00	90.56	1.21	1.24	0.60	54.23
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	90.35	90.35	89.40	0.00	89.40	1.44	1.44	0.60	58.13
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	89.08	90.35	89.07	0.00	89.07	1.31	1.31	0.60	27.59
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	88.89	89.08	88.07	0.00	88.07	1.31	1.31	0.60	21.49
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	88.89	88.89	88.29	0.00	88.29	1.57	1.60	0.60	23.87
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	88.89	88.89	87.17	0.00	87.17	2.32	2.35	0.60	27.76
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	88.13	88.89	86.73	0.00	86.73	2.10	2.43	0.60	58.64
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	86.44	88.13	86.44	0.00	86.44	2.10	2.41	0.60	72.24
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	86.44	86.44	85.46	0.00	85.46	2.09	2.03	0.60	64.34
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	86.44	86.44	85.19	0.00	85.19	1.94	1.97	0.60	43.71
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	85.19	86.44	84.83	0.00	84.83	2.38	2.35	0.60	83.50
AUMENTAR DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	85.19	85.19	84.83	0.00	84.83	2.38	2.35	0.60	83.50
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	84.83	85.19	84.83	0.00	84.83	2.38	2.35	0.60	26.01
AUMENTAR DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	84.83	84.83	84.59	0.00	84.59	2.29	2.31	0.60	29.21
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	84.59	84.83	84.59	0.00	84.59	2.29	2.31	0.60	91.77
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	84.59	84.59	84.35	0.00	84.35	2.29	2.31	0.60	87.09
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	84.35	84.59	84.35	0.00	84.35	2.29	2.31	0.60	41.38
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	84.35	84.35	84.11	0.00	84.11	2.29	2.31	0.60	27.47
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	84.11	84.35	84.11	0.00	84.11	2.29	2.31	0.60	8.79
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	84.11	84.11	83.87	0.00	83.87	2.29	2.31	0.60	7.84
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	83.87	84.11	83.87	0.00	83.87	2.29	2.31	0.60	5.66
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	83.87	83.87	83.63	0.00	83.63	2.29	2.31	0.60	8.62
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	83.63	83.87	83.63	0.00	83.63	2.29	2.31	0.60	27.52
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	83.63	83.63	83.39	0.00	83.39	2.29	2.31	0.60	24.54
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	83.39	83.63	83.39	0.00	83.39	2.29	2.31	0.60	39.12
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	83.39	83.39	83.15	0.00	83.15	2.29	2.31	0.60	17.02
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	83.15	83.39	83.15	0.00	83.15	2.29	2.31	0.60	40.47
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	83.15	83.15	82.91	0.00	82.91	2.29	2.31	0.60	37.28
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	82.91	83.15	82.91	0.00	82.91	2.29	2.31	0.60	16.49
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	82.91	82.91	82.67	0.00	82.67	2.29	2.31	0.60	14.53
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	82.67	82.91	82.67	0.00	82.67	2.29	2.31	0.60	37.08
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	82.67	82.67	82.43	0.00	82.43	2.29	2.31	0.60	16.49
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	82.43	82.67	82.43	0.00	82.43	2.29	2.31	0.60	36.58
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	82.43	82.43	82.19	0.00	82.19	2.29	2.31	0.60	31.13
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	82.19	82.43	82.19	0.00	82.19	2.29	2.31	0.60	28.38
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	82.19	82.19	81.95	0.00	81.95	2.29	2.31	0.60	66.81
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	81.95	82.19	81.95	0.00	81.95	2.29	2.31	0.60	17.87
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	81.95	81.95	81.71	0.00	81.71	2.29	2.31	0.60	20.02
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	81.71	81.95	81.71	0.00	81.71	2.29	2.31	0.60	13.29
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	81.71	81.71	81.47	0.00	81.47	2.29	2.31	0.60	33.90
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	81.47	81.71	81.47	0.00	81.47	2.29	2.31	0.60	31.99
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	81.47	81.47	81.23	0.00	81.23	2.29	2.31	0.60	14.52
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	81.23	81.47	81.23	0.00	81.23	2.29	2.31	0.60	13.69
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	81.23	81.23	80.99	0.00	80.99	2.29	2.31	0.60	34.68
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	80.99	81.23	80.99	0.00	80.99	2.29	2.31	0.60	31.74
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	80.99	80.99	80.75	0.00	80.75	2.29	2.31	0.60	52.98
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	80.75	80.99	80.75	0.00	80.75	2.29	2.31	0.60	48.92
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	80.75	80.75	80.51	0.00	80.51	2.29	2.31	0.60	34.96
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	80.51	80.75	80.51	0.00	80.51	2.29	2.31	0.60	33.92
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	80.51	80.51	80.27	0.00	80.27	2.29	2.31	0.60	51.51
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	80.27	80.51	80.27	0.00	80.27	2.29	2.31	0.60	47.65
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	80.27	80.27	80.03	0.00	80.03	2.29	2.31	0.60	50.60
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	80.03	80.27	80.03	0.00	80.03	2.29	2.31	0.60	47.10
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	80.03	80.03	79.79	0.00	79.79	2.29	2.31	0.60	39.07
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	79.79	80.03	79.79	0.00	79.79	2.29	2.31	0.60	42.21
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	79.79	79.79	79.55	0.00	79.55	2.29	2.31	0.60	36.87
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	79.55	79.79	79.55	0.00	79.55	2.29	2.31	0.60	46.43
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	79.55	79.55	79.31	0.00	79.31	2.29	2.31	0.60	43.09
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	79.31	79.55	79.31	0.00	79.31	2.29	2.31	0.60	80.08
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	79.31	79.31	79.07	0.00	79.07	2.29	2.31	0.60	25.50
DISMINUIR EL DIAMETRO	CHEQUEA	CHEQUEA	79.07	79.31	79.07	0.00	79.07	2.29	2.31	0.60	35.71
CHEQUEA	CHEQUEA	CHEQUEA	79.07	79.07	78.83	0.00	78.83	2.29	2.31	0.60	38.88

Est. P.C.	Est. P.C.	Distancia	Diferencia
0	1	0	0
0	1	75.14	44.73
1	2	180.58	45.91
2	3	163.26	138.68
3	4	163.26	42.68
4	5	163.26	28.84
5	6	163.26	211.76
6	7	163.26	45.72
7	8	163.26	184.00
8	9	163.26	275.54
9	10	163.26	211.67
10	11	184.35	51.26
11	12	184.35	40.11
12	13	184.35	303.07
13	14	184.35	24.78
14	15	175.21	32.20
15	16	175.21	74.78
16	17	175.21	29.31
17	18	175.21	26.89
18	19	195.11	52.35
19	20	195.11	54.97
20	21	217.45	39.37
21	22	217.45	22.20
22	23	12.26	21.03
23	24	263.4	31.49
24	25	12.13	61.11
25	26	12.13	39.93
26	27	161.18	62.71
27	28	163.27	25.09
28	29	318.18	47.03
29	30	254.41	39.31
30	31	51.51	25.60
31	32	262.10	30.33
32	33	277.7	36.50
33	34	51.49	77.95
34	35	51.49	38.15
35	36	98.21	45.98
36	37	98.21	42.37
37	38	98.21	607.47
38	39	98.21	39.95
39	40	98.21	607.47
40	41	98.21	776.10
41	42	181.59	23.34
42	43	181.59	34.80
43	44	181.59	20.27
44	45	134.29	55.18
45	46	134.29	67.08
46	47	210.45	64.85
47	48	305.29	28.67
48	49	305.29	35.34
49	50	305.29	868.11
50	51	305.29	45.05
51	52	184.1	41.95
52	53	351.14	43.59
53	54	351.14	504.41
54	55	76.52	83.95
55	56	295.17	62.51
56	57	295.17	987.2



SIMBOLOGIA	
	Pozo de Visita Sanitario (plataforma)
	Dirección del flujo
	TUBERIA DE PVC NOVAFORT
	Indica No. de Pozo
	Longitud, diámetro
	pendiente de la tubería
	Indica Cota invert de Entrada
	Indica Cota invert de Salida

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
CANTON ATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHE
QUICHE.

OTITENE

PLANTA DE CONJUNTO 1

PRELIMINAR

CANTON ATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHE

QUICHE, GUATEMALA

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

ELABORADO: VICTOR HOLLAR

DISEÑADO: VICTOR HOLLAR

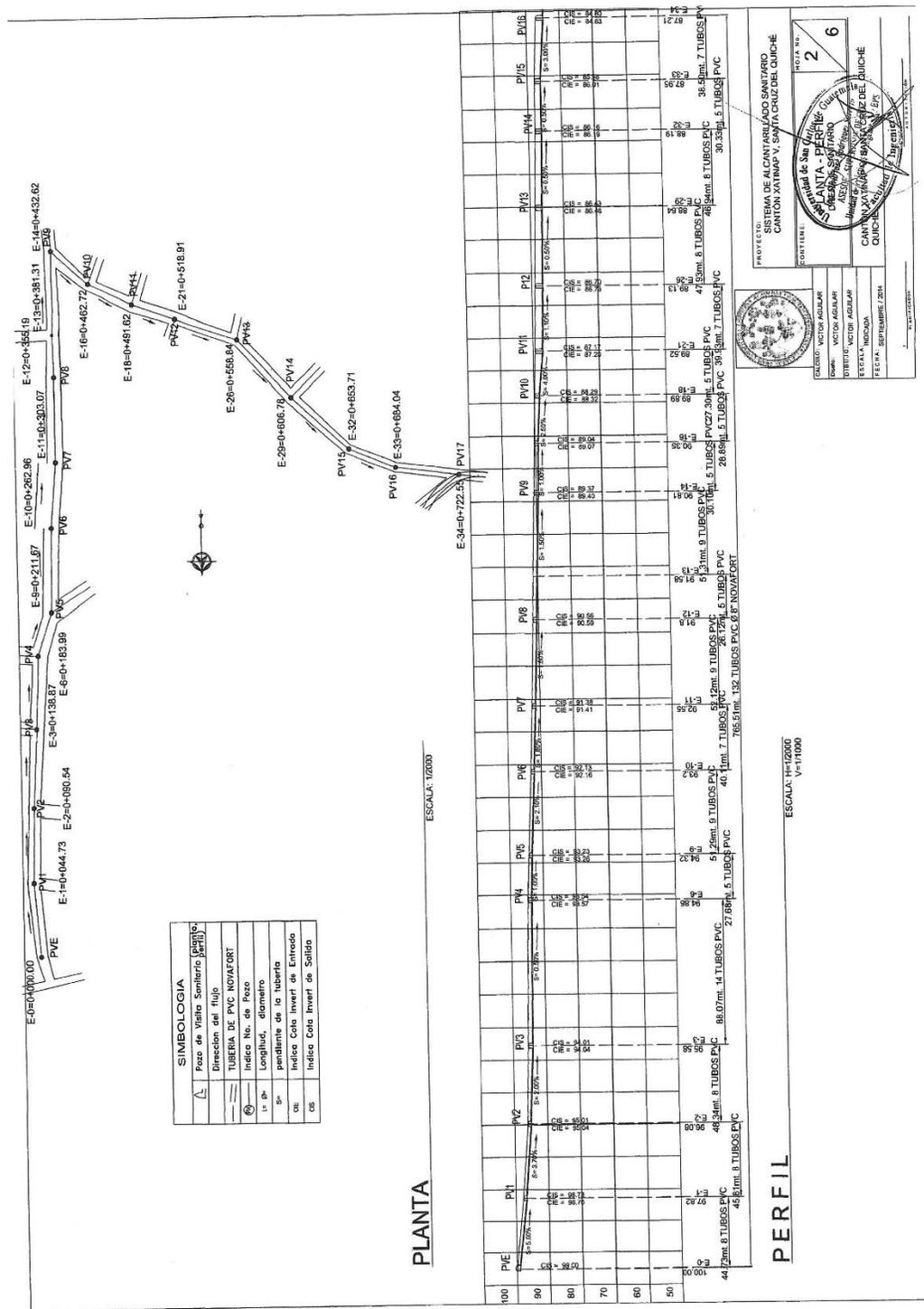
REVISADO: VICTOR HOLLAR

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
CANTON ATINAP V, SANTA CRUZ DEL QUICHE
QUICHE.

OTITENE

ESCALA 1:12,000



SIMBOLOGIA	
	Pozo de Visita Somerizo (Paso de Visita)
	TUBERIA DE PVC NOVAFORT
	Indica No. de Trazo
	Longitud, diametro
	pendiente de la tubería
	Indica Cota Inverti de Entrada
	Indica Cota Inverti de Salida

PLANTA

ESCALA: 1:2000

PERFIL

ESCALA: H=1:2000
V=1:1000

PROYECTO: SISTEMA DE ALcantarillado SANITARIO CANTON XATINAP Y SANTA CRUZ DEL QUICHE

FECHA: 14/05/2014

HOJA No. 26

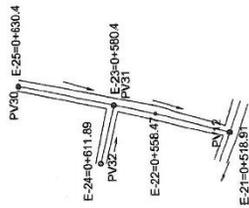
INGENIERO: VICTOR AGUILAR

REVISOR: VICTOR AGUILAR

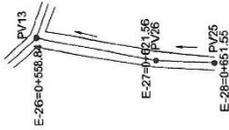
FECHA: 14/05/2014

PROYECTO: SISTEMA DE ALcantarillado SANITARIO CANTON XATINAP Y SANTA CRUZ DEL QUICHE

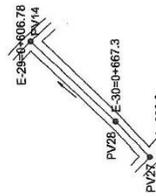
FECHA: 14/05/2014



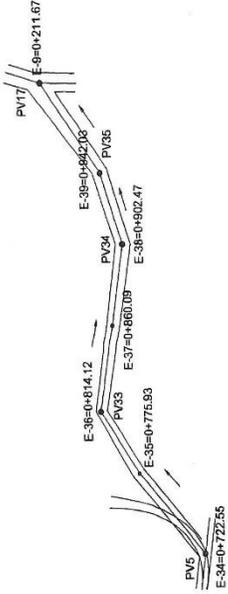
PLANTA
ESCALA: 1/2000



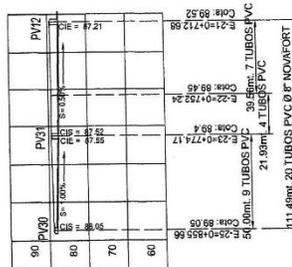
PLANTA
ESCALA: 1/2000



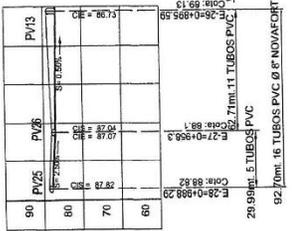
PLANTA
ESCALA: 1/2000



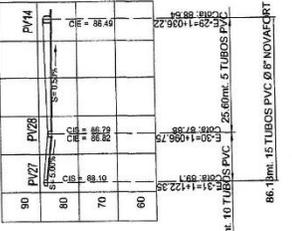
PLANTA
ESCALA: 1/2000



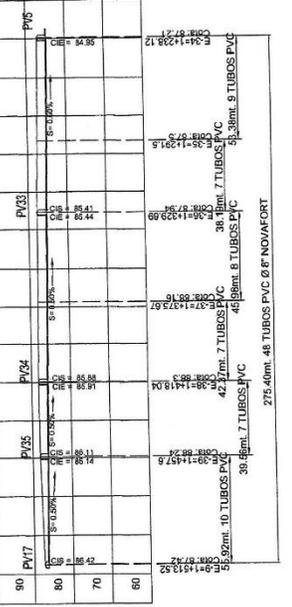
PERFIL
ESCALA: H=1/2000
V=1/1000



PERFIL
ESCALA: H=1/2000
V=1/1000



PERFIL
ESCALA: H=1/2000
V=1/1000



PERFIL
ESCALA: H=1/2000
V=1/1000

SIMBOLOGIA	
	Pozo de Vialto Sanitario
	TUBERIA DE PVC NOVAFORT
	Indice No. de Pozo
	pendiente de la tubería
	Indice Cota Invert de Entrada
	Indice Cota Invert de Salida
	CSE

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
CANTON NOVAFORT, PROVINCIA DE GUICHÉ

CONTIENE: PLAN DE TUBERIAS 4

PROYECTADO POR: [Logo]

DISEÑADO POR: VICTOR AGUIAR

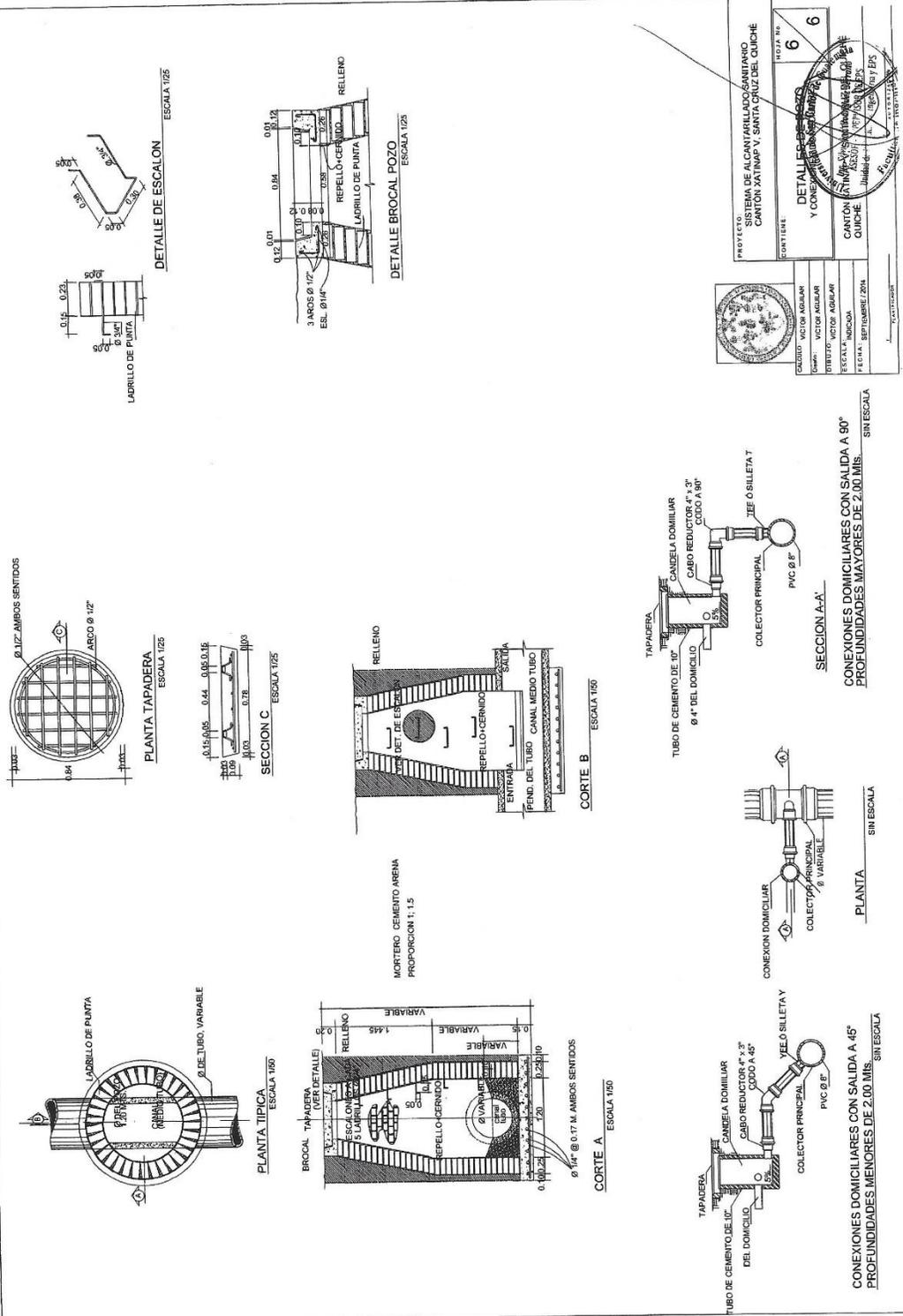
REVISADO POR: VICTOR AGUIAR

FECHA: INDICADA

CANTON XANTOPIA, PROVINCIA DE GUICHÉ

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

ESCALA: H=1/2000
V=1/1000



PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON JATUNAP Y SANTA CRUZ DEL GUICHÉ

CANTON: JATUNAP

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

HOJA Nº 6

DETALLES DE ESCALON Y CONEXIONES DOMICILIARES

CALEDO: VICTOR AGUILAR

DISEÑO: VICTOR AGUILAR

ESCALA: INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

INSTITUTO VEC

ANEXOS



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



INFORME No. 570 S.S.

O.T.: 33,597 No. 1350

Interesado: Victor Rudy Aguilar Quemé

Proyecto: EPS "Pavimento Rígido Chuiquisis Santa Cruz del Quiché, Quiché"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Chuiquisis, Santa Cruz del Quiché, Quiché

FECHA: viernes, 03 de octubre de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	33.6	11.0	CL	Arcilla Arenosa Color Café Oscuro

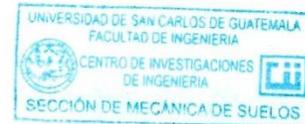
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 572 S.S.

O.T.: 33,597

No. 1362

Interesado: Victor Rudy Aguilar Quemé

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

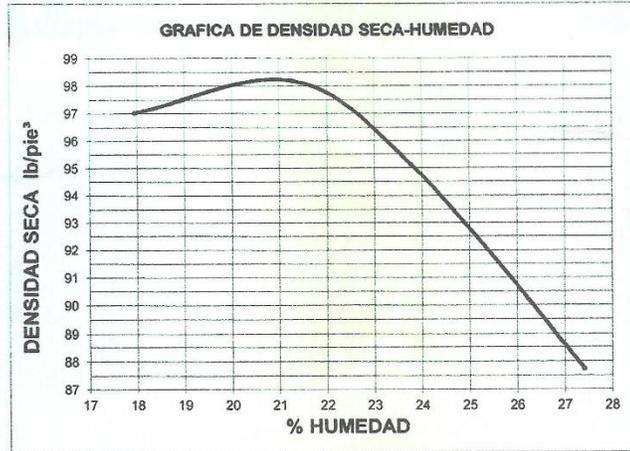
Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99

Proyecto: EPS "Pavimento Rígido Chuiquisis Santa Cruz del Quiché, Quiché"

Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Ubicación: Chuiquisis, Santa Cruz del Quiché, Quiché

Fecha: viernes, 03 de octubre de 2014



Descripción del suelo: Arcilla Arenosa Color Café Oscuro

Densidad seca máxima γ_d : 1,573.97 Kg/m³ 98.25 lb/ft³

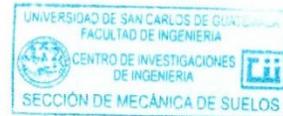
Humedad óptima Hop.: 20.80 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 573 S.S.

O.T.: 33,597

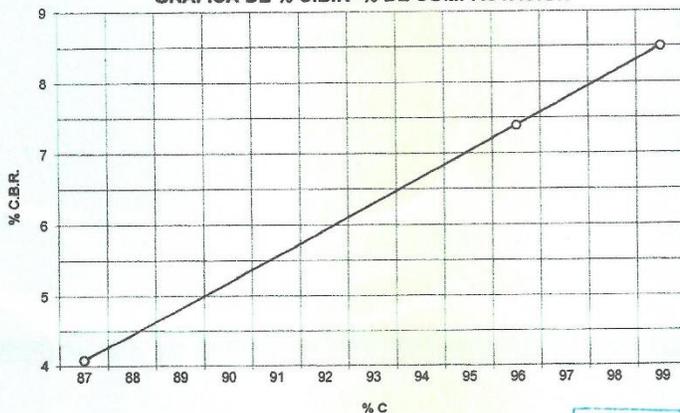
No. 1363

Interesado: Victor Rudy Aguilar Quemé
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Pavimento Rígido Chuiquisis Santa Cruz del Quiché, Quiché"

Ubicación: Chuiquisis, Santa Cruz del Quiché, Quiché
Descripción del suelo: Arcilla Arenosa Color Café Oscuro
Fecha: viernes, 03 de octubre de 2014

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	20.80	85.87	87	2.71	4.08
2	30	20.80	94.33	96	2.14	7.39
3	65	20.80	97.82	100	0.98	8.50

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos