



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

**DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUIZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

**Edgar Daniel Maldonado Cifuentes**

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, febrero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUIZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGAR DANIEL MALDONADO CIFUENTES**  
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Óscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUIZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 16 de marzo de 2016.

**Edgar Daniel Maldonado Cifuentes**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de septiembre de 2016  
REF.EPS.DOC.696.09.16

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario Edgar Daniel Maldonado Cifuentes con carné No. **8715872**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUÍZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.**

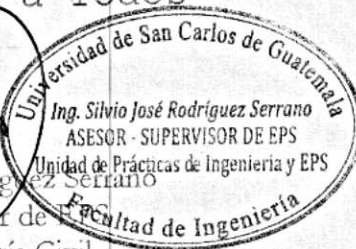
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Asesor Supervisor de  
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  
Guatemala, FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil  
09 de noviembre de 2016

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 DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUIZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edgar Daniel Maldonado Cifuentes, con Carnet No.8715872, 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 ENSEÑADA A TODOS

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



/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua







**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 30 de enero de 2017

Ingeniero  
Hugo Leonei 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 DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUIZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edgar Daniel Maldonado Cifuentes con carné 87-15872, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad 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



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*





Guatemala, 02 de febrero de 2017  
Ref.EPS.D.32.02.17

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

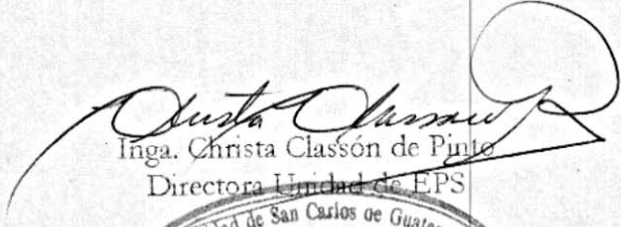
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUÍZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario Edgar Daniel Maldonado Cifuentes, **carne 8715872**, 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 Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Claxson de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Edgar Daniel Maldonado Cifuentes titulado **DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUÍZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2017.

/mrrm.

*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*

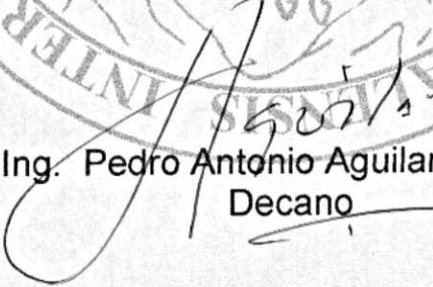






El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA COMUNIDAD DE RUIZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Daniel Maldonado Cifuentes**, 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, febrero de 2017

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mi Padre Celestial</b>	Por brindarme la vida, por todo lo que soy y tengo.
<b>Mis padres</b>	Martita Aydé Cifuentes Cabrera y Edgar David Maldonado Rosales.
<b>Mis esposas</b>	Soraida Ivet Barrios Juarez (q. e. p. d.) y Elia Aguaré Zacarías.
<b>Mis hijos</b>	Edgar David y Jesus Daniel Maldonado Barrios.
<b>Mi nieto</b>	Edgar Fernando Maldonado Argueta.
<b>Mi nuera</b>	Ana Lucía Argueta de Maldonado.
<b>Mis abuelos</b>	Cornelia Cabrera Vásquez (q. e. p. d.), Enrique Daniel Cifuentes Méndez, Delfina Micaela Rosales Anzueto (q. e. p. d.), y Justinano Maldonado (q. e. p. d.).
<b>Mi tía</b>	Adilia Raquel Cifuentes Cabrera.



**Mis amigos**

Eduardo Benjamín Argueta Gordillo, Rosa  
Elena Loyo de Argueta y Pedro Roberto Gómez  
De León y Natareno.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Mi Padre Celestial</b>	Por su amor, por darme la vida, y a mis seres amados.
<b>Mis padres</b>	Por su apoyo y amor.
<b>Mis esposas</b>	Por amarme incondicionalmente.
<b>Mis hijos</b>	Por su amor.
<b>Mi nieto</b>	Por amarme.
<b>Mi nuera</b>	Por amarnos, a mí, mis hijos y mis nietos.
<b>Ing. Silvio José Rodríguez Serrano</b>	Por su asesoramiento, amistad y profesionalidad.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de ser parte de tan importante casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por la instrucción, educación y ética, para mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografías y generalidades .....	1
1.1.1. Aspectos históricos.....	1
1.1.2. Ubicación y localización geográfica .....	2
1.1.3. Vías de comunicación.....	5
1.1.4. Costumbres y tradiciones .....	5
1.1.5. Fiesta patronal.....	7
1.1.6. Producción.....	8
1.1.6.1. Agricultura.....	8
1.1.6.2. Artesanía .....	8
1.1.7. Centros turísticos.....	9
1.1.8. Distribución actual .....	9
1.1.9. Clima .....	13
1.1.10. Orografía.....	15
1.1.11. Hidrografía .....	15
1.1.12. Topografía .....	16
1.1.13. Servicios Básicos.....	16
1.1.13.1. Servicio de agua potable .....	17



	1.1.13.2.	Servicio sanitario .....	17
	1.1.13.3.	Servicio de energía eléctrica .....	18
1.2.		Diagnóstico de las necesidades de infraestructura .....	19
	1.2.1.	Descripción de las necesidades .....	19
	1.2.2.	Priorización de las necesidades .....	19
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	21
2.1.		Diseño de carretera que conduce de aldea Sajcavillá hacia cabecera municipal de San Raymundo, San Juan Sacatepéquez, Guatemala .....	21
	2.1.1.	Descripción del proyecto .....	21
	2.1.2.	Estudios preliminares .....	21
	2.1.2.1.	Levantamiento topográfico .....	22
		2.1.2.1.1.	Planimetría .....
		2.1.2.1.2.	Altimetría .....
		2.1.2.1.3.	Secciones transversales .....
			23
	2.1.2.2.	Estudio de suelos .....	23
		2.1.2.2.1.	Ensayos de laboratorio, Granulometría, CBR, Proctor y Límites de Attemberg .....
			23
		2.1.2.2.2.	Análisis de resultados ...
			24
	2.1.3.	Trabajo de gabinete y dibujo de preliminar .....	25
		2.1.3.1.	Planimétrico .....
			25
		2.1.3.2.	Altimétrico .....
			26
		2.1.3.3.	Curvas de nivel .....
			26
	2.1.4.	Diseño geométrico de la carretera .....	26

2.1.4.1.	Alineamiento horizontal .....	26
2.1.4.2.	Curvas horizontales .....	27
2.1.4.2.1.	Elementos de curvas horizontales .....	27
2.1.4.2.2.	Cálculo geométrico de curvas horizontales.....	29
2.1.4.3.	Alineamiento vertical.....	37
2.1.4.4.	Curvas verticales .....	39
2.1.4.4.1.	Elementos de curvas verticales .....	39
2.1.5.	Movimiento de tierras .....	49
2.1.5.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales .....	50
2.1.5.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras .....	52
2.1.5.3.	Balance y diagrama de masas.....	54
2.1.6.	Diseño hidráulico .....	66
2.1.6.1.	Bombeo de superficie .....	66
2.1.6.2.	Diseño de cunetas .....	67
2.1.6.3.	Drenaje transversal.....	74
2.1.7.	Diseño de la estructura del pavimento.....	76
2.1.7.1.	Determinación de las capas que componen el pavimento.....	76
2.1.7.1.1.	Capa de sub-base .....	76
2.1.7.1.2.	Capa de base triturada .....	77
2.1.7.1.3.	Diseño por el método simplificado PCA .....	78
2.1.8.	Diseño de mezcla de concreto.....	85

	2.1.8.1.	Integración de costos unitarios.....	89
	2.1.9.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	97
	2.1.10.	Estudio de impacto ambiental .....	98
	2.1.11.	Principios de evaluación.....	98
	2.1.12.	Impacto ambiental no significativo.....	99
	2.1.13.	Impacto ambiental significativo.....	99
2.2.		Diseño de sistema de alcantarillado sanitario, para aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez, Guatemala ...	101
	2.2.1.	Descripción del proyecto .....	101
	2.2.2.	Estudios preliminares .....	101
	2.2.2.1.	Estudio topográfico.....	101
		2.2.2.1.1. Planimetría .....	102
		2.2.2.1.2. Altimetría .....	102
	2.2.3.	Partes de un alcantarillado .....	102
	2.2.3.1.	Colector .....	102
	2.2.3.2.	Pozo de visita .....	103
	2.2.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	104
	2.2.4.	Período de diseño .....	104
	2.2.5.	Población futura .....	105
	2.2.5.1.	Método Geométrico .....	105
	2.2.6.	Determinación de caudales .....	105
	2.2.6.1.	Población tributaria.....	106
	2.2.6.2.	Dotación de agua potable.....	106
	2.2.6.3.	Factor de retorno al sistema.....	107
	2.2.6.4.	Caudal domiciliar .....	107
	2.2.6.5.	Caudal industrial.....	107
	2.2.6.6.	Caudal comercial.....	108
	2.2.6.7.	Caudal por conexiones ilícitas.....	108
	2.2.6.8.	Caudal por infiltración.....	108



2.2.6.9.	Caudal medio o sanitario .....	109
2.2.6.10.	Factor de caudal medio .....	109
2.2.6.11.	Factor de Harmond.....	109
2.2.6.12.	Caudal de diseño.....	110
2.2.7.	Fundamentos hidráulicos.....	110
2.2.7.1.	Ecuación de Manning para flujo en canales .....	111
2.2.7.2.	Relaciones hidráulicas.....	112
2.2.8.	Parámetros de diseño hidráulico .....	113
2.2.8.1.	Coefficiente de rugosidad .....	113
2.2.8.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	114
2.2.8.3.	Velocidad máxima y mínima .....	115
2.2.8.4.	Diámetro colector.....	116
2.2.8.5.	Profundidad del colector .....	116
2.2.8.6.	Profundidad mínima de colector .....	117
2.2.8.7.	Ancho de zanja.....	117
2.2.8.8.	Volumen de excavación.....	118
2.2.8.9.	Cota invert .....	119
2.2.8.10.	Características de las conexiones domiciliares.....	120
2.2.8.11.	Diseño hidráulico .....	121
2.2.9.	Propuesta de tratamiento .....	125
2.2.10.	Elaboración de planos .....	128
2.2.11.	Elaboración de presupuesto .....	128
2.2.11.1.	Integración de precios unitarios.....	130
2.2.11.2.	Prestaciones.....	137
2.2.12.	Evaluación de impacto ambiental .....	138
2.2.13.	Evaluación socioeconómica.....	144
2.2.13.1.	Valor presente neto .....	145

2.2.13.2. Tasa interna de retorno .....	147
CONCLUSIONES.....	149
RECOMENDACIONES .....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	153
ANEXOS.....	157

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.....	3
2.	Localización de aldea, Comunidad de Ruiz .....	4
3.	Localización de aldea Sajcavillá.....	4
4.	División político administrativo municipal de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.....	10
5.	Distribución del municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala ....	13
6.	Elementos de curva horizontal .....	28
7.	Cálculo de la deflexión .....	30
8.	Corrimiento de la línea .....	37
9.	Curva vertical cóncava, convexa.....	40
10.	Curva vertical .....	44
11.	Cálculo de volumen de movimiento de tierras.....	52
12.	Distancia de paso.....	54
13.	Diagrama de masas .....	65
14.	Área de microcuenca tributaria .....	70
15.	Área de microcuenca tributaria .....	71
16.	Predimensionamiento de la cuneta .....	73
17.	Sección transversal de alcantarilla .....	75
18.	Planta de alcantarilla .....	76
19.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte .....	82

## TABLAS

I.	Elementos del clima.....	14
II.	Fenómenos atmosféricos.....	14
III.	Total de viviendas con acceso a agua intradomiciliar y servicios de saneamiento mejorados, San Juan Sacatepéquez, Guatemala .....	18
IV.	Planilla de curvas horizontales.....	33
V.	Valores para K para curvas cóncavas y convexas .....	41
VI.	Criterios para diseño de curvas verticales .....	45
VII.	Planilla de curvas verticales.....	46
VIII.	Relación para corte y relleno .....	51
IX.	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	51
X.	Tabla de cota de balance.....	55
XI.	Tiempo de concentración.....	68
XII.	Área de microcuenca .....	71
XIII.	Valor de escorrentía.....	72
XIV.	Categoría de carga por eje .....	80
XV.	Tipos de suelos según valores de K .....	83
XVI.	Valores de k para el diseño sobre bases granulares de PCA.....	84
XVII.	Espesores de losa según soporte de la subrasante y el módulo de ruptura del concreto .....	84
XVIII.	Datos para diseño de mezclas (Calculados para 1 m <sup>3</sup> de concreto fresco).....	86
XIX.	Presupuesto.....	88
XX.	Cantidades de materiales y costos unitarios.....	89
XXI.	Cronograma de ejecución física y financiera .....	98
XXII.	Ejemplo de Evaluación de Impacto Ambiental .....	100
XXIII.	Factores de rugosidad .....	113
XXIV.	Profundidad mínima en tubería.....	117

XXV.	Ancho de zanja según profundidad del colector.....	118
XXVI.	Parámetros de diseño .....	121
XXVII.	Presupuesto de alcantarillado sanitario.....	129
XXVIII.	Integración de precios unitarios .....	130
XXIX.	Días con goce de sueldo.....	137
XXX.	Prestaciones extras.....	138
XXXI.	Matriz modificada de Leopold para el proyectos de drenaje .....	141





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CA-1</b>	Carretera Centroamericana
<b>Q</b>	Caudal
<b>Ce</b>	Cemento
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>Y</b>	Corrección en cualquier punto de la curva
<b><math>\Delta</math></b>	Deflexión
<b><math>\emptyset</math></b>	Diámetro
<b><math>\Phi</math></b>	Diámetro
<b><math>A^L</math></b>	Diferencia algebraica de pendientes
<b><math>m^2</math></b>	Dimensional de área, metro cuadrado
<b><math>m^3</math></b>	Dimensional de volumen, metro cúbico
<b>Di</b>	Distancia de un punto intermedio de la curva a la estación deseada
<b>D</b>	Distancia entre estaciones
<b>I.P.</b>	Índice plástico
<b>Km</b>	Kilometro
<b>L.L.</b>	Límite líquido
<b>Lt</b>	Litro
<b>lt/hab/día</b>	Litros por habitante día
<b>Lc</b>	Longitud de curva
<b>L.C.V.</b>	Longitud de curva vertical
<b>L</b>	Longitud de tramo
<b>m</b>	Metro

<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Om</b>	Ordenada media
<b>K</b>	Parámetro de la curva
<b>Pe</b>	Pendiente de entrada
<b>Ps</b>	Pendiente de salida
<b>ST%</b>	Pendiente de terreno
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje
<b>n</b>	Periodo de diseño
<b>Pf</b>	Población futura
<b>P.V.</b>	Pozo de visita
<b>PC</b>	Principio de curva
<b>Pc</b>	Principio de curva
<b>PCV</b>	Principio de curva vertical
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>Pt</b>	Principio de tangente
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical
<b>PI</b>	Punto de inflexión
<b>PIV</b>	Punto de inflexión vertical
<b>q/Q</b>	Relación de caudales entre sección parciamente llena y sección llena
<b>d/D</b>	Relación de diámetros entre sección parciamente llena y sección llena
<b>v/V</b>	Relación de velocidades entre sección parciamente llena y sección llena
<b>St</b>	Subtangente

<b>Tg</b>	Tangente
<b>R</b>	Tasa de crecimiento poblacional
<b>v</b>	Velocidad





## GLOSARIO

<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>Aguas domiciliarias</b>	Son las aguas utilizadas en domicilios; es decir, las que ya han pasado por un proceso de contaminación.
<b>Aguas servidas</b>	Sinónimo de aguas negras.
<b>ASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>Candela</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Caudal</b>	Es el volumen de agua que corre en un tiempo determinado en el colector.
<b>CBR</b>	Californian Bearing Ratio.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).

<b>Cota de terreno</b>	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
<b>Descarga</b>	Lugar a donde se vierten las aguas servidas provenientes de un colector, sean crudas o tratadas.
<b>Dotación</b>	Es la estimación del promedio de cantidad de agua que consume cada habitante. Se expresa en litros por habitantes por día.
<b>Especificaciones</b>	Son normas generales y técnicas de construcción contenidas en un proyecto, disposiciones o cualquier otro documento, que se emita antes o durante la ejecución de un proyecto.
<b>Excretas</b>	Residuos de alimentos que, después de hecha la digestión, despiden el cuerpo por el intestino grueso y delgado.
<b>Nivelación</b>	Proceso altimétrico que permite el registro de las elevaciones correspondientes a puntos de importancia.
<b>PRA</b>	Public Road Administration.
<b>PCA</b>	Portland Cement Association.
<b>Periodo de diseño</b>	Periodo de tiempo durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.

<b>Pozo de Visita</b>	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetros, unión de tubería y para iniciar un tramo de drenaje.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas servidas o pluviales dentro de una alcantarilla.
<b>Topografía</b>	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre y debajo de la misma.
<b>TPD</b>	Tráfico promedio diario.
<b>TPDA</b>	Tráfico promedio diario anual.
<b>TPDC</b>	Tráfico promedio diario de camiones.



## RESUMEN

En la aldea Sajcavillá se tiene el problema de que la carretera se encuentra en muy malas condiciones, cada año hay que colocarle balasto, y en cada invierno sufren el deterioro de la misma, por tal motivo se mejoró el diseño geométrico de la carretera, se realizó un levantamiento topográfico, tomando los datos de la planimetría y la altimetría de la carretera, y las secciones transversales a cada veinte metros. Se realizaron los ensayos de laboratorio para el estudio de suelos, los ensayos son de Granulometría, CBR, Proctor y Límites de Attemberg, los cuales se analizaron. Se realizó el diseño geométrico de la carretera, el alineamiento horizontal y el alineamiento vertical, se calculó el movimiento de tierra, se realizó el diseño hidráulico, y la estructura del pavimento rígido. Se realizó el presupuesto e integración de costos, lo cual beneficiará a la población de la aldea, así como a la cabecera municipal de San Raymundo, pues para las dos poblaciones se mejorará el comercio, con lo cual se generará empleos.

Otro problema se tiene en aldea Comunidad De Ruiz, San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Carecen de un sistema de alcantarillado sanitario que permita darle a la población una mejor calidad de vida y una reducción de contaminación en el medio ambiente, se realizó un levantamiento topográfico, tomando los datos de la planimetría y la altimetría, se diseñó un sistema de alcantarillado sanitario, con sus colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias, distribuido adecuadamente para poder mejorar el desarrollo de la población.



La metodología que se utilizó fue hacer una recopilación de datos significativos, analizando datos rurales y bibliografías de los temas. Se realizaron actividades de campo para reconocer y priorizar el proyecto, también se recolectaron datos de la comunidad, como censos de la población beneficiada, topografía del lugar, entre otros. Se elaboró el diseño de la carretera, así como el alcantarillado sanitario con sus respectivos cálculos, diseño, dibujos de planos, presupuesto y cronogramas de ejecución y financieros.

Las normas que se aplicaron en estos proyectos son las de *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes* (Libro Azul) de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y del *Instituto de Fomento Municipal de Municipalidades* INFOM, estas se refieren a las especificaciones admisibles, basándose en parámetros establecidos a través de pruebas y ensayos.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el diseño de carretera que conduce de aldea Sajcavillá hacia cabecera municipal de San Raymundo, y ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación que proporcione la monografía del lugar y así diagnosticar las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura para los habitantes del municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.
2. Realizar la memoria de cálculo, planos, cuantificación de materiales y mano de obra, presupuestos, cronogramas de ejecución, e informes de lo realizado en cada etapa del estudio, para la construcción de los proyectos en mención.
3. Capacitar al personal de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) sobre el uso y mantenimiento adecuado que se le debe a la carretera y al sistema de alcantarillado.



## INTRODUCCIÓN

La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) tiene como finalidad contribuir al desarrollo de las comunidades, realizando un estudio de la región, por lo que se priorizaron los proyectos de infraestructura: diseño de carretera que conduce de Aldea Sajcavillá hacia la carretera principal que conduce a la cabecera municipal de San Raymundo, y ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, aldea Comunidad De Ruiz, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

El primer proyecto priorizado es el diseño de carretera que conduce de Aldea Sajcavillá hacia la carretera principal que conduce hacia la cabecera municipal de San Raymundo, San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Este proyecto es necesario porque la comunidad de la Aldea Sajcavillá carece de una carretera por la cual puedan transitar vehículos de carga para vender las cosechas y productos de la aldea, así como transporte particulares y comerciales de personas.

La otra prioridad es el diseño de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, de la aldea Comunidad De Ruiz, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, porque debido a la falta de un sistema adecuado para la evacuación de las aguas negras ha causado problemas de salud en la población, de igual manera es notable la contaminación de las aguas de los alrededores. Por lo que se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografías y generalidades**

El nombre del municipio de San Juan Sacatepéquez, se puede definir así: “San Juan” en honor a su patrono “San Juan Bautista” y “Sacatepéquez” se deriva de dos voces kakchiqueles: “Sacat” que significa hierba y “tepec” que significa cerro, es decir “Cerro de Hierba”.<sup>1</sup>

San Juan Sacatepéquez, posee una trayectoria histórica y recursos en donde se describe a continuación:

### **1.1.1. Aspectos históricos**

Su origen es pre-colonial, fue conquistado por los españoles en 1525, al mando de Antonio de Salazar, fue uno de los pueblos más importantes que formaron el reino Kakchiquel, cuya corte se estableció en la tierra de Yampuc, pertenecieron a la tribu de los Sacatepéquez que se encontraban radicados en Antigua Guatemala.

Esta la formaron: Santiago Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez y San Lucas Sacatepéquez, su dialecto fue y es hasta la fecha el kakchiquel.

---

<sup>1</sup> <http://www.deguate.com/municipios/pages/guatemala/san-juansacatepequez/historia.php#.WDxKr9V97cs>, s.f.; 1. Consulta: agosto de 2016.



Del tiempo de la colonia se ignora casi todo, solamente se sabe que este pueblo fue encomendado al famoso historiador Bernal Díaz del Castillo y que los primeros frailes que instruyeron la religión católica fueron los de la orden de Santo Domingo de Guzmán, habiendo así constituido una iglesia católica en el convento parroquial.

A raíz del terremoto de Santa Marta ocurrido el 29 de julio de 1773, muchas personas de Antigua Guatemala buscaron refugio en San Juan Sacatepéquez, siendo así como gran cantidad de familias del municipio fueran constituidas por los antigüeños, como los son las familias: Ortiz, Guerrero y Castellanos.

Se cree que fueron traídas de ahí, bellas imágenes para salvarlas de su destrucción o pérdida, algunas de las cuales son veneradas actualmente en la iglesia del municipio de San Juan Sacatepéquez.

Según documentos existentes, el título de tierra de San Juan Sacatepéquez tiene como fecha 3 de febrero de 1752, el cual hace constar que los indios de la región compraron al rey de España, 480 caballerías y 38 manzanas de tierra que se dividieron entre todos los ejidos, pagando 1200 pesos de la moneda de esa época, segregando posteriormente parte de las tierras para los municipios vecinos.

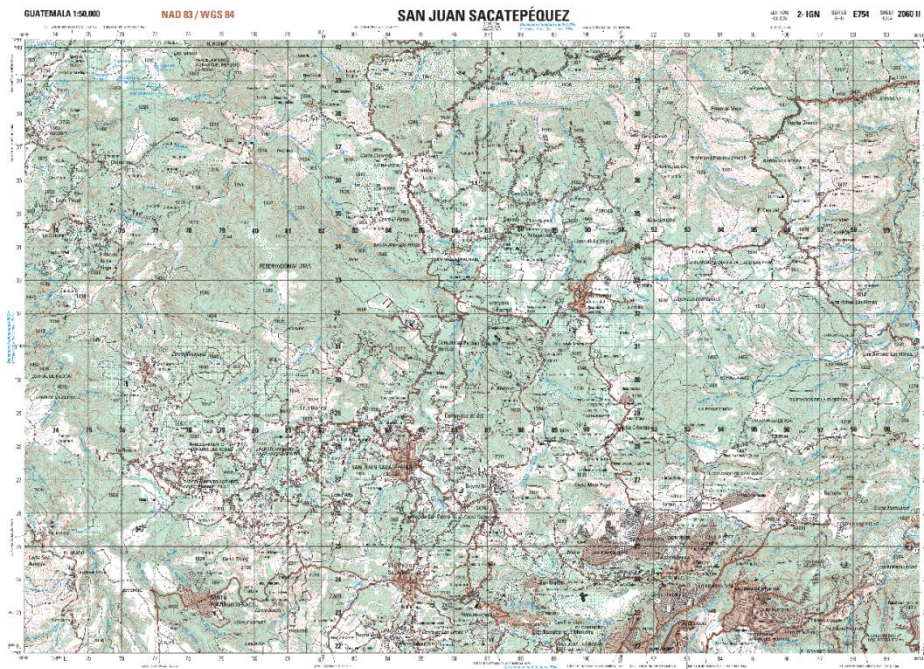
### **1.1.2. Ubicación y localización geográfica**

El municipio de San Juan Sacatepéquez, se localiza entre el norte de San Pedro Sacatepéquez, al este de San Martín Jilotepeque y El Tejar, municipios del departamento de Chimaltenango y al oeste de San Raymundo.

Limita al norte con el Municipio de Granados, Baja Verapaz; al este con el Municipio de San Raymundo y San Pedro Sacatepéquez, ambos del Departamento de Guatemala; al sur limita con el Municipio de San Pedro Sacatepéquez; y al oeste con el Municipio de San Martín Jilotepeque perteneciente al Departamento de Chimaltenango y con el Municipio de Xenacoj perteneciente al Departamento de Sacatepéquez.

Se localiza en la latitud  $14^{\circ}43'08''N$  y en la longitud  $90^{\circ}38'39''O$ . Cuenta con una extensión territorial de 242 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 845 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado, se encuentra a una distancia de 31 km de la Ciudad de Guatemala. La municipalidad es de segunda categoría.

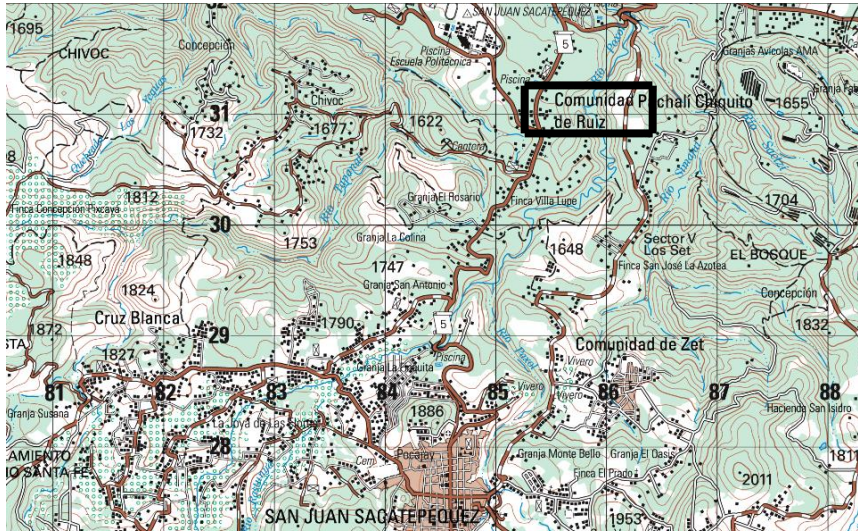
Figura 1. **Municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala**



Fuente: IGN Instituto Geográfico Nacional. Consulta: abril de 2016.

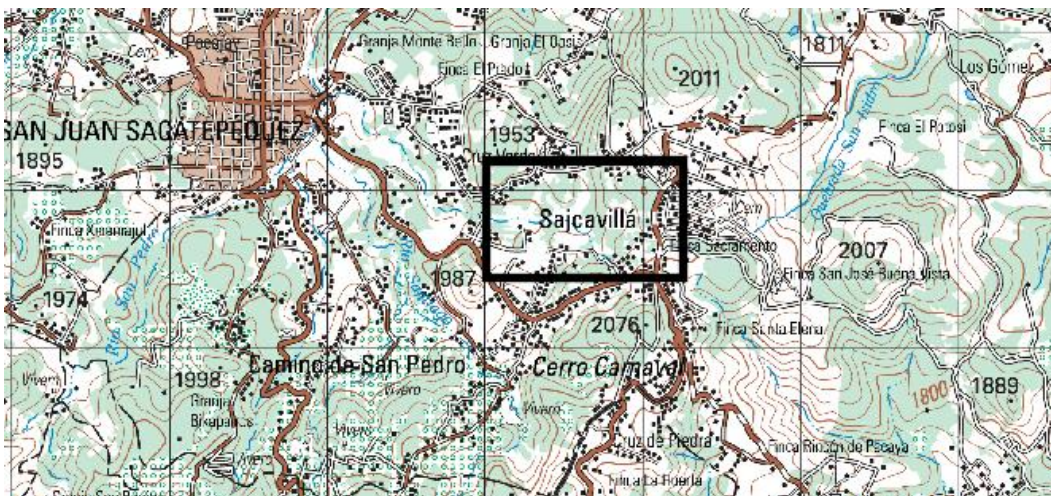


Figura 2. Localización de aldea, Comunidad de Ruiz



Fuente: IGN Instituto Geográfico Nacional. Consulta: Abril de 2016.

Figura 3. Localización de aldea Sajcavillá



Fuente: IGN Instituto Geográfico Nacional. Consulta: Abril de 2016.

### **1.1.3. Vías de comunicación**

Su principal vía de comunicación terrestre es la Carretera Interamericana CA-1; a la altura de San Lucas Sacatepéquez se desvía para llegar a la Antigua Guatemala, atraviesa Parramos y entronca nuevamente con la Carretera Interamericana en Chimaltenango.

La otra vía va de San Lucas Sacatepéquez pasa por Chimaltenango y se extiende a los demás departamentos del occidente.

Otra ruta de importancia es la ruta nacional 10, que parte de Antigua Guatemala, cruza Palín y llega a Escuintla, donde entronca con la Interoceánica CA-9.

### **1.1.4. Costumbres y tradiciones**

Existe gran variación de costumbres y tradiciones en San Juan Sacatepéquez pero entre las más importantes se encuentran:

- Cofradía: primero que nada la cofradía proviene de “cafrade” y esta a la vez se deriva de las voces latinas “cum” y “frade” que significa hermano, es decir “con hermano” se entiende entonces por cofradía a una institución que según el derecho eclesiástico “es una reunión de fieles, que se erige en las iglesias para auxiliar al clero en su sostenimiento y contribuir a la suntuosidad del culto.
- Es una costumbre de origen colonial, en el cual veneran algunas imágenes en especial como: San Juan, Jesús, El Rosario, la Cruz y

otras. Antiguamente existieron cofradías de ladinos, pero con el pasar del tiempo se fueron extinguiendo.

- Auxiliatura: forma parte de una autoridad civil–indígena, existen en todas las aldeas del municipio y así mismo en la cabecera municipal, pero no tienen la misma función, pues en la cabecera municipal celebran costumbres en los cuales veneran a la Cruz con festividades como: Procesiones y otros.
- Matrimonios: consiste en la realización de varias pedidas de la novia y en un acuerdo, se procede a la celebración de la información en la municipalidad, previa al matrimonio civil y finalizando con una fiesta o celebración del mismo (religioso) que comprende de más actividades.
- Música: La música principal de municipio son los sones de arpa y marimba en las cuales podríamos mencionar: La sanjuanerita, el chuj, y el de matrimonios.
- La Danza: En festividades especiales es tradicional el baile de los moros, los toritos, el venado y los gigantes sin faltar el tradicional convite.
- Leyendas: Existen algunas leyendas en los antepasados como lo son: La llorona, Juan Cenís, el tronchador y el sombrero.
- Poemas: Existen varios poemas dedicados a San Juan Sacatepéquez, en las cuales están La Niña de San Juan, Flor de mi Tierra y otros. Escritos por los Sanjuaneros Higinio Patzán y Efraín Patzán.

- Comidas típicas: Existen en el municipio muchas comidas de origen indígena maya, la principal comida es el pinol, que es un atol de maíz tostado y molido, en algunos otros lugares lo preparan dulce, pero en San Juan Sacatepéquez se prepara salado y con gallina, este platillo es utilizado en ocasiones especiales como las bodas, cumpleaños, etc. En San Juan Sacatepéquez es costumbre en algunas festividades comer algo especial: Tamales en Noche Buena, fiambre el 1ro de noviembre Día de los Santos, pescado en Semana Santa, buñuelos y torrijas en las ferias, siendo el pinol el más común en los lugares donde se llevan a cabo fiestas y celebraciones.
- Las Procesiones: Las procesiones fueron traídas de España e implantadas en Guatemala por los misioneros. San Juan Sacatepéquez, tiene sus procesiones y entre las más conocidas están las de Semana Santa, La Velación, La Preciosa Sangre de Cristo y la de San Juan Bautista, el 24 de Junio, el pueblo guarda estas tradiciones y se preparan para el paso de las procesiones adornando sus casas y haciendo alfombras de aserrín, flores y frutas.

#### **1.1.5. Fiesta patronal**

La fiesta patronal es en honor a su patrono San Juan Bautista, esta se celebra el 24 de junio, se lleva a cabo con solemnes procesiones, misas jubileos, bailes de moros como el torito, cohetes, bombas, en las que se hacen presentes personas del lugar y ajenas a la misma.

### **1.1.6. Producción**

Su economía se basa en la agricultura con variedad de frutas y flores que se comercializan fuera del Municipio. También se explota la ganadería y avicultura, así como las artesanías y turismo interesado en conocer sus tradiciones. Las principales fuentes económicas que se encuentran en San Juan Sacatepéquez son las flores, producciones de agricultura y las artesanías.

#### **1.1.6.1. Agricultura**

Los suelos han sido oficialmente declarados no aptos para cosechas en su gran mayoría, pero los terrenos sobrantes son una buena fuente de cultivos. Además los pobladores también siembran flores ya que es una actividad muy importante para la localidad, El cultivo de flores en forma intensiva y sobre todo del clavel, arranca en San Juan en el año de 1923; se dice que fue introducido por la ciudadana Estadounidense: “Estela Simmerman” . Quien también estableció en el pueblo la primera iglesia protestante.

Entre sus cultivos están:

- Maíz
- Frijol
- Verduras

#### **1.1.6.2. Artesanía**

Las diferentes actividades que se realizan en este municipio están los productos de barro, tejidos, jarcía, alfarería, entre otros.



### **1.1.7. Centros turísticos**

En los centros turísticos disponibles en San Juan Sacatepéquez se encuentran paseos, balnearios, piscinas, entre otros. Las Ruinas de Mixco Viejo está en jurisdicción de San Martín Jilotepeque, pero el acceso más cercano es por San Juan Sacatepéquez.

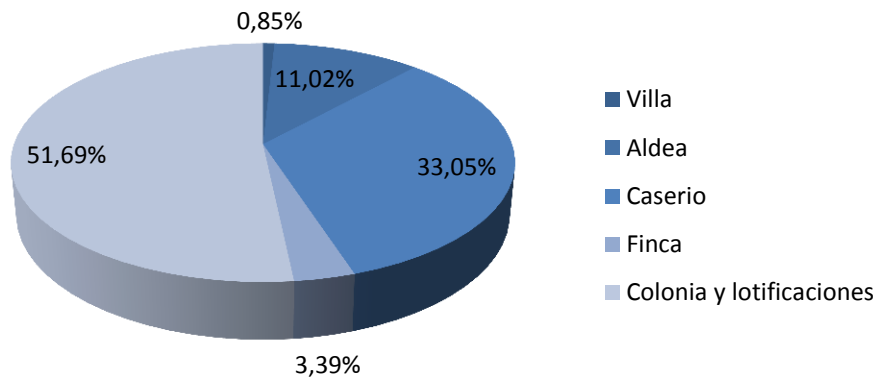
Otro centro turístico que llama la atención a muchas personas que pasean por San Juan Sacatepéquez es el nacimiento del río Motagua en la cuenca del límite entre San Juan Sacatepéquez, Baja Verapaz y El Quiché.

Los lugares más visitados por la población y el turismo nacional: Villa Lourdes, La Concepción, Centro recreativo y balneario Vista Bella, el Bucarito, El Pilar, la Viña, Ocaña, La Laguneta de San Miguel, río Grande o Motagua, las “Pozas de San Miguel” y otros.

### **1.1.8. Distribución actual**

En la siguiente gráfica se visualiza la distribución poblacional del municipio de San Juan Sacatepéquez:

Figura 4. **División político administrativo municipal de San Juan Sacatepéquez, Guatemala**



Fuente: elaboración propia, con base a la información de: *Lugares Poblados y Vivienda del XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación*, INE 2002.

San Juan Sacatepéquez cuenta con las siguientes aldeas y caseríos:

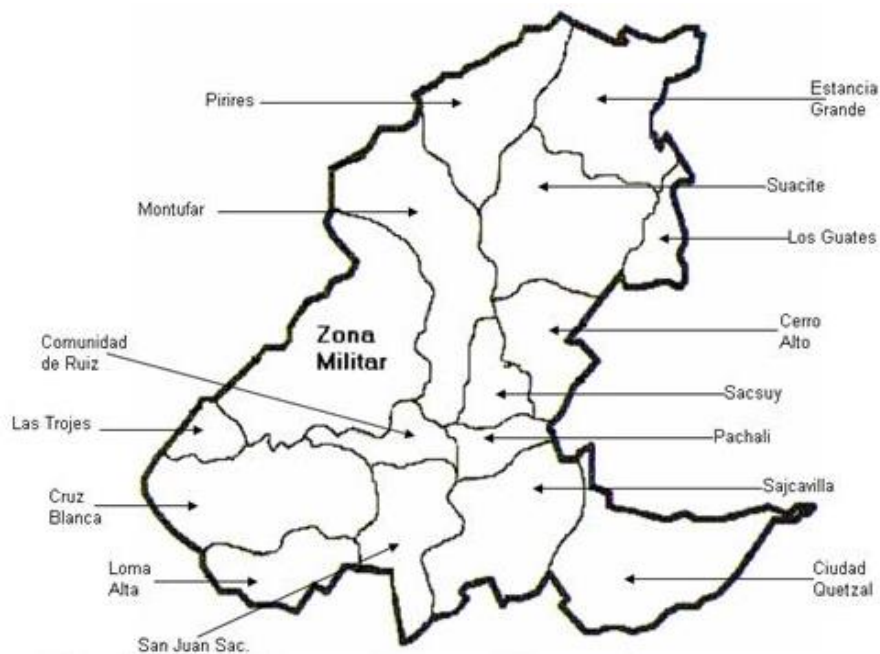
- Aldea Comunidad de Zet
  - Caserío Cruz Verde
  
- Aldea Camino de San Pedro
  - Caserío Chitol
  
- Aldea Montufar
  - Caserío Candelaria
  - Caserío Estancia el Rosario
  - Caserío los Pirires
  - Caserío Los Chajones

- Caserío San Jerónimo Chuaxan
- Caserío Pachun
  
- Aldea Cruz Blanca
  - Caserío Los Tubac (Santa Teresita)
  - Caserío Chitun
  - Caserío Joya de las Flores
  - Caserío Pacajay
    - Caserío San Antonio las Trojes
    - Finca Los Quequezquez
    - Caserío Santa fe Ocaña
    - Finca San José Ocaña
  
- Aldea Sajcavillá
  - Caserío Lo de Gomez
  - Caserío Concepción Sajcavilla
  - Caserío Los encuentros
  - Caserío San José Buena Vista
  
- Aldea Cerro Alto
  - Caserío los Patzanes
  - Caserío los Curup
  - Caserío Pasajoc
  - Caserío Realhuit
  - Caserío Los Ajvix
  - Caserío Los Caneles
  
- Aldea Sacsuy
  - Caserío Pachalí

- Aldea Lo de Ramos
  - Caserío Concepción el Pilar I
  - Caserío El Pilar II
  - Finca el Pilar
  
- Aldea Lo de Mejía
  - Caserío San José Lo de Ortega
  - Caserío Lo de Carranza
  - Caserío Sanjuaneritos
  - Colonia la Económica
  - Colonia las Margaritas
  - Finca Lo de Castillo
  - Colonia los Robles
  - Colonia Ciudad Quetzal
  
- Aldea Comunidad de Ruiz
  - Caserío Asunción Chivoc
  
- Aldea Estancia Grande
  - Caserío San Francisco las Lomas
  - Caserío Santa Rosa
  - Caserío Patanil
  - Caserío La Soledad
  
- Aldea Loma Alta
  - Caserío Los Pajoc
  
- Aldea Suacité
  - Caserío los Guates

- Caserío San Matías
- Caserío las Palmas

Figura 5. **Distribución del municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala**



Fuente: *Mapas Owje*. [http://mapas.owje.com/4845\\_mapa-guatemala-guatemala.html](http://mapas.owje.com/4845_mapa-guatemala-guatemala.html). Consulta julio de 2014.

### 1.1.9. Clima

El clima de San Juan Sacatepéquez es templado la mayor parte del tiempo, es frío en los cerros. Las estaciones marcadas son el verano y el invierno.

La estación meteorológica más cercana a San Juan Sacatepéquez es “Suiza Contenta”, se encuentra a 2 105 msnm, ubicada en finca Suiza Contenta, San Lucas Sacatepéquez, kilómetro 31 carretera a Santiago Sacatepéquez, Guatemala. Dicha estación proporcionó los siguientes datos en el mes de febrero de 2016.

Tabla I. **Elementos del clima**

	<b>Media</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>
<b>Temperatura</b> °C	14,80	20,60	5,80
<b>Humedad Relativa</b> %	75,00	95,00	45,00
<b>Nubosidad</b> Octas	5,72	8,00	3,00
<b>Velocidad de viento</b> Km/h	2,40	5,20	1,00

Fuente: INSIVUMEH Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala. Consulta: Abril de 2016.

Los siguientes datos son porcentajes de los días del mes de febrero en los que se dio cada fenómeno atmosférico:

Tabla II. **Fenómenos atmosféricos**

Neblina	58,62 %
Llovizna	6,89 %
Rocío	82,76 %
Helada	13,79 %

Fuente: INSIVUMEH Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala. Consulta: Abril de 2016.

### **1.1.10. Orografía**

San Juan Sacatepéquez pertenece al Complejo Montañoso del Altiplano Central. Su precipitación pluvial anual acumulada es de 952,50 mm.

Su montaña más importante es la de Xenacoj, que es muy conocida para realizar deportes como senderismo o escalar.

### **1.1.11. Hidrografía**

San Juan Sacatepéquez cuenta con una amplia gama de accidentes hidrográficos en los que encontramos:

- Ríos: Boca Toma, Cenizo, Cotzibal, Cuxuyá, Chiltayá, El Potosí, El Zapote, Frío, Grande o Motagua.
- Riachuelos: Agua Zarca, Los Siney, Concepción, Cruz Verde, Los Encuentros, Los Canel, Los Guates, San Matías El Bosque, Llano de La Cuva, Horno de Cal, Pachaj (antes caserío), Buena Vista, Los Yupes, Caxnabal, Chuisec, El Ruso, Colorado, El Ciego, El Salvador, Curub, El Portal, La Campana, Guapinol, Los Chajones, Realamá, Sastop, Ixcac, Pachum, Ruyalhuit, Seco, Ixcopín, Paraxaj, Ruyalobj, Severino, Jesús, Patajzalaj, Sactzí, Simajuí, La Ciénaga, Paxot, Sajcavillá, Tapahuá, La Lima, Pixcayá, San Miguel, Tapanal, Las Flores, Rajoní, San Pedro, Veracruz, Los Ajines, Rastunyá, Santiago, Zapote, Los Ajvix, Mixcal, Noxpil, Patanil, Ruyalquén, Nahuarón, Pachuj, Patzanes, Terreno de Villavicencio, Las Canteras, San Ignacio, Mala Paga, Santa Ana, Nimajuyú.



- Quebrada: de La Soledad, Las Palmas, Los Pescaditos, Puluc, Seca, El Achioté, Los Chayes, Los Prado, Raspas, Sunuj, El Choy, Los Chiques, Parquí, Realsiguán, Tocay, Las Minas, Los Mecates, Paxot, San Isidro.

#### **1.1.12. Topografía**

La topografía de este municipio es irregular, bastante montañosa y quebrada, presenta pocas planicies, tiene muchas pendientes y hondonadas, cubiertas de verde y exuberante vegetación. Tiene regiones fértiles que gradualmente van haciendo contacto con partes de terrenos secos, barrancos arenosos y hasta barrosos, el municipio como la aldea cuentan con cerros que son dignos de mencionar como lo son:

- Cerro Candelaria: Situado al Norte de la cabecera municipal, se extiende desde el río Raxtunyá, hasta las afueras de la misma y posee vetas de calcio en sus entrañas.
- Cerro Carnaval: Está ubicado en la aldea Sajcavillá, que por su altura y formación tiene las características de un volcán y cuenta con minas de mármol que fueron explotadas durante el gobierno del General José María Reyna Barrios.
- Cerro Mala Paga: Este cerro se localiza en la aldea Lo de Mejía.

#### **1.1.13. Servicios Básicos**

El municipio de San Juan Sacatepéquez, refleja que gracias a las remesas de las personas que emigran a otros países han mejorado el tipo de vivienda formal para el 2002, la cual es de un 88 % aproximadamente y comparado con

las viviendas informales representa únicamente 6 %, construidas con materiales improvisados; y para otros tipos de vivienda es del 4 % aproximadamente (madera, lepa o caña).

#### **1.1.13.1. Servicio de Agua Potable**

El abastecimiento de agua se distribuye así, del total de viviendas formales, 54.14%, tienen el servicio y 45.86% no lo tienen.

#### **1.1.13.2. Servicio Sanitario**

En lo referente al sistema de disposición de excretas y aguas servidas, se puede indicar que 54,14 % del total de viviendas poseen servicio sanitario y el 45,86 % carece de él.

La apropiada disposición de los desechos y residuos sólidos todavía es un aspecto al que la población no le pone la debida atención; como consecuencia, han proliferado los basureros clandestinos, rellenos sanitarios sin control y la disposición de desechos sólidos no autorizados. En la mayoría de las comunidades del área urbana y rural no existe un tren de aseo y muchas personas no utilizan el servicio, lanzando los desechos a las calles, como es el caso particular del mercado municipal y en el centro del casco urbano.

Lamentablemente los nacimientos de agua, ríos y riachuelos, no son controlados y no cuentan con plantas de tratamiento en funcionamiento para evitar este tipo de daño a la naturaleza; ya que por contar con tantos afluentes de agua es necesario que se tomen medidas para su preservación, se requiere financiamiento para realizar el debido mantenimiento para así poder construir más a evitar desastre a futuro. Es de igual importancia que en las áreas

privadas se cuente con un control municipal pudiendo así evitar más destrucción al medio ambiente.

**Tabla III. Total de viviendas con acceso a agua intradomiciliar y servicios de saneamiento mejorados, San Juan Sacatepéquez, Guatemala**

Total de viviendas	32,211
Viviendas con servicio de agua potable	54,14 %
Viviendas con servicios de saneamiento básico	32,21 %

Fuente: elaboración propia con base en *Plan de desarrollo municipal de San Juan Sacatepéquez 2011-2025*. Consulta: Mayo de 2014.

Según las necesidades de los pobladores de San Juan Sacatepéquez se priorizó el diseño de red de distribución de agua potable con diseño de tanque de distribución caserío Estancia El Rosario, aldea Montufar y diseño de sistema de alcantarillado sanitario, aldea Sajcavillá, municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala, ya que son de suma importancia para la población que ayudarán al desarrollo de las comunidades, mejorando su calidad de vida.

### **1.1.13.3. Servicio de energía eléctrica**

Energía Eléctrica: Se Iniciaron los trabajos en 1928, a impulsos patrióticos del Alcalde José María García Manzo, siendo presidente don Lázaro Chacon, considerado amigo del pueblo, ayudo mucho en la parte económica para la financiación de la planta, la otra parte se costeo por acciones de Q. 10,00 entre los vecinos, teniendo además un 50 % de acciones la Municipalidad. Se

compró directamente a Alemania, Estos trabajos fueron terminados por don Horacio Ortiz el 31 de diciembre de 1929 y la inauguración fue apoteósica.

Actualmente existe un gran porcentaje de energía eléctrica en el casco urbano, pero en comunidades alejadas de este no cuentan con este servicio básico.

## **1.2. Diagnóstico de las necesidades de infraestructura**

En la municipalidad se han realizado varios estudios, y se han determinado las siguientes necesidades:

### **1.2.1. Descripción de las necesidades**

Las necesidades del municipio de San Juan Sacatepéquez son varias, especialmente en el área de infraestructura; carreteras transitables, construcción y reparación de escuelas, agua potable, sistemas de alcantarillados o drenajes sanitarios, plantas de tratamiento.

### **1.2.2. Priorización de las necesidades**

En la aldea Sajcavillá de San Juan Sacatepéquez no se cuenta con una carretera que pueda permanecer transitable en todas las épocas del año, principalmente en la época de invierno, pues las precipitaciones deterioran la capa de rodadura de la carretera, maltratando el balasto colocado, evitando el traslado de productos, insumos y recursos de la aldea Sajcavillá.

La solución técnica que se propone, es realizar un diseño geométrico adecuado, cumpliendo con las especificaciones técnicas requeridas, diseñando

y calculando una capa de pavimento rígido en la carretera, que soporte todas las adversidades de las épocas del año, y las cargas de los vehículos que la transiten.

El otro problema que se priorizó, es en la aldea Comunidad De Ruiz, de San Juan Sacatepéquez, en donde cuentan con agua potable, y un sistema de alcantarillado, pero por el aumento de población, dicho sistema es insuficiente, por lo que es necesario ampliarlo, para atender a toda la población, llevando las aguas negras a un lugar en donde se les pueda tratar adecuadamente.

La solución técnica para resolver estos problemas es diseñar una ampliación de la red de alcantarillados existente para atender a la comunidad que carece del servicio sanitario.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de carretera que conduce de aldea Sajcavillá hacia cabecera municipal de San Raymundo, San Juan Sacatepéquez, Guatemala**

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

Se diseñó la carretera que empieza desde la latitud  $14^{\circ}42'31,54''N$  y la longitud  $90^{\circ}37'11,78''O$ , en el lugar conocido como La Puerta, en donde inicia la carretera que conduce de la aldea Sajcavillá, a la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez. Finaliza en la latitud  $14^{\circ}45'15,34''N$  y la longitud de  $90^{\circ}36'14,71''O$ . Este proyecto beneficiará principalmente a la aldea Sajcavillá, y a las cabeceras municipales de San Juan Sacatepéquez, y San Raymundo. Consta de visitas de campo al lugar, levantamiento topográfico, estudio hidrológico, análisis del suelo, diseño geométrico de la carretera, diseño del pavimento, planos de la carretera, presupuesto y cronograma de ejecución. El pavimento se diseñó de concreto con dos carriles, de sección E con ancho de calzada igual a 5,50 metros y velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora.

#### **2.1.2. Estudios preliminares**

Los estudios preliminares son aquellos que nos permiten reconocer el terreno para poder recabar toda aquella información, datos y antecedentes necesarios para poder definir los diseños y procedimientos del proyecto.

### **2.1.2.1. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico lo constituye la altimetría y la planimetría, las que son fundamentales para el diseño de cualquier proyecto, su aplicación es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen la conformación real del lugar de ejecución de un proyecto.

#### **2.1.2.1.1. Planimetría**

Este trabajo se realizó para obtener la representación gráfica en planta del terreno. Así, de esta forma, localizar la línea central, secciones transversales y la ubicación de los servicios existentes en la vía principal del municipio. Para este caso se aplicó el método de conservación de *azimut*, utilizando una estación total marca Nikon DTM-322, brújula, prismas, y plomadas metálicas.

#### **2.1.2.1.2. Altimetría**

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representar dicha superficie gráficamente, para que conjuntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. Para este proyecto se aplicó el método de nivelación directa con la utilización de una estación total marca Nikon DTM-322, estadal, clinómetro, cinta métrica, estacas, clavos y pintura.

El trabajo de nivelación consiste en obtener información altimétrica de la línea central, en la que se colocan estaciones, las que se recomienda sean a cada 20 metros. También se deben fijar bancos de marca cada 500 metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos de concreto.

Como cota de salida se fija una arbitraria entera, la cual se recomienda sea un valor que no permita obtener cotas negativas.

#### **2.1.2.1.3. Secciones transversales**

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar las elevaciones transversales de la línea central del terreno, que se recomienda sea como mínimo de 40 metros, es decir, 20 metros a cada lado a partir de la línea central definida en el levantamiento de la planimetría. Estas deberán ser medidas en forma perpendicular al eje, midiendo la distancia horizontal a que se está nivelando cada punto.

#### **2.1.2.2. Estudio de suelos**

En todo trabajo de pavimentación, es necesario conocer las características del suelo. El diseño del pavimento, se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio, que se realizan a las muestras del suelo, las cuales se extraen del lugar donde se construirá el pavimento.

##### **2.1.2.2.1. Ensayos de laboratorio, Granulometría, CBR, Proctor y Límites de Attemberg.**

- Granulometría : La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños representándolos luego en forma gráfica. Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho según lo descrito en AASHTO T 27.



- CBR: Este ensayo conocido como *Californian Bearing Ratio* (CBR, por sus siglas en inglés), o ensayo de valor soporte del suelo, 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. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193.
- Proctor: También conocido como ensayo de densidad máxima y humedad óptima. Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T-180, este sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará su máxima compactación.
- Límites de Attemberg: En este ensayo, verificamos el índice plástico. El índice plástico es el más importante y el más usado, y es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

#### **2.1.2.2.2. Análisis de resultados**

De los ensayos realizados, se obtuvo que el suelo estudiado tiene las siguientes características:

- Descripción del suelo: arena limosa, color café.
- Clasificación:
- S.C.U.: SM

- P.R.A.: A-2-4
- Límite líquido: 0,00 %.
- Índice plástico: 0,00 %.
- Densidad máxima:  $95,90 \text{ lb/pe}^3 = 1\,536,00 \text{ kg/m}^3$
- Humedad óptima: 20,50 %.
- CBR al 95,30 % de compactación es de 32,90 %.

Como puede apreciarse, este material cumple con los requisitos de subrasante, dado que su límite líquido no es mayor del 50 %, el 95,30 % de compactación se alcanzará con la humedad óptima según el ensayo de Proctor modificado y el CBR es mayor que el 5 %.

### **2.1.3. Trabajo de gabinete y dibujo de preliminar**

Trabajo de gabinete, es el que realizamos en el escritorio, a mano o en computadora, con los datos del levantamiento topográfico. Los puntos replanteados tienen un valor tridimensional; se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

#### **2.1.3.1. Planimétrico**

El cálculo topográfico se efectúa en gabinete y consiste en conocer las coordenadas parciales y totales de cada vértice que compone la poligonal abierta, con la finalidad de contar con información suficiente para efectuar con facilidad la localización de ruta, los corrimientos de línea y otros factores.

### **2.1.3.2. Altimétrico**

Consiste en pasar una nivelación en todos los puntos señalados por el levantamiento planimétrico, al fijar bancos de marca cada 500 metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos de concreto, en los cuales se debe anotar la estación, la elevación y las distancias acumuladas, como cota de salida se fija una arbitraria entera, la cual se recomienda sea un valor que al hacer el cálculo no permita obtener cotas negativas.

### **2.1.3.3. Curvas de nivel**

Es la representación gráfica de los niveles de la carretera, que pueden localizarse por interpolación, de acuerdo con las distancias obtenidas en el levantamiento planimétrico y los niveles del levantamiento altimétrico y secciones transversales. Por medio de las curvas a nivel del levantamiento se determinaron las pendientes del terreno.

## **2.1.4. Diseño geométrico de la carretera**

Es el diseño de la geometría del camino. El trazado en planta y en perfil de un tramo se compondrá de la adecuada combinación de los siguientes elementos: recta, curva circular, curva parabólica y curva de transición.

### **2.1.4.1. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Los rangos de velocidad dependen directamente de la topografía del terreno y de las necesidades del entorno, teniéndose entonces diferencias de velocidades en tramos contiguos, se admite una diferencia máxima de 20 Km/h entre las velocidades de tramos contiguos. En caso de superar esa diferencia debería intercalarse entre ambos, uno o varios tramos que cumplan esa limitación, y proporcionen un adecuado escalonamiento de velocidades.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad. Esta última, a la vez, controla la distancia de visibilidad.

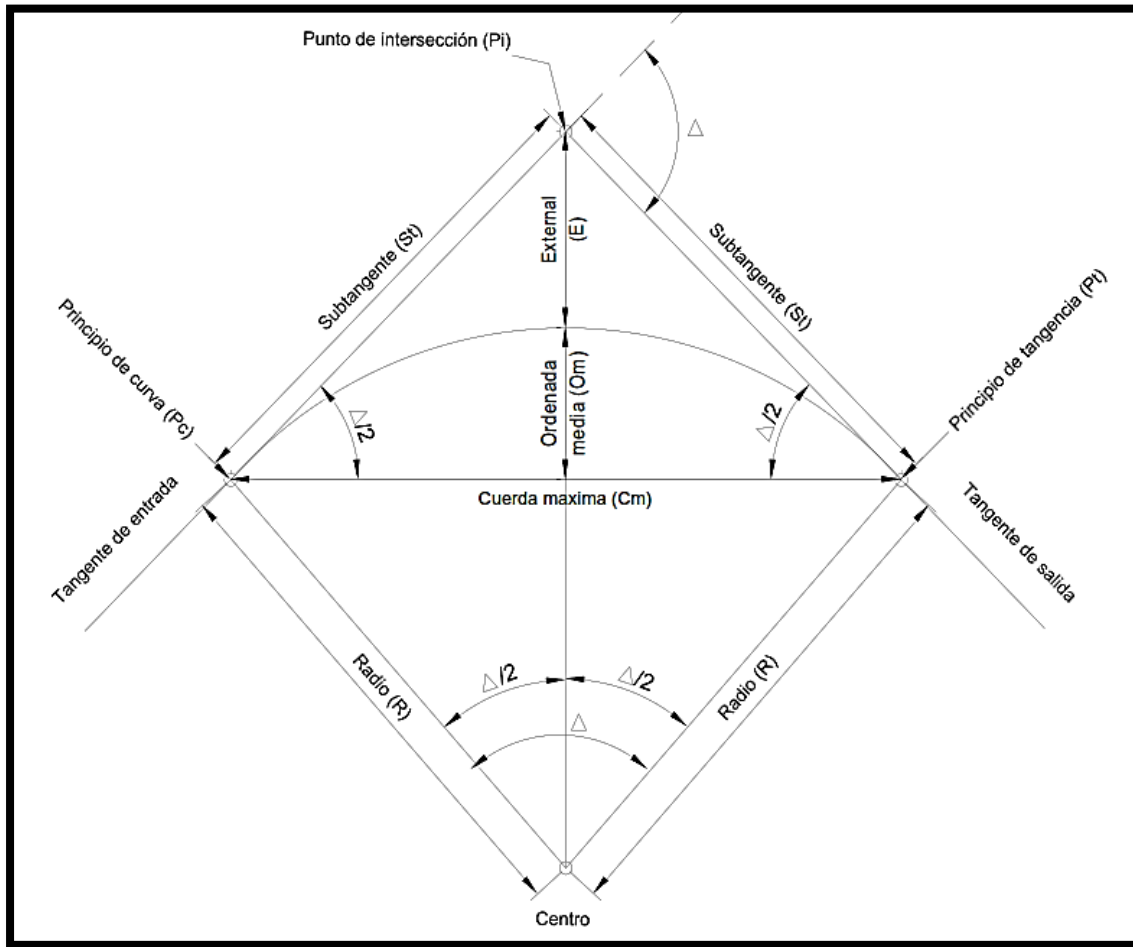
#### **2.1.4.2. Curvas horizontales**

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes, luego de calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de curva que servirán para el trazo de la carretera.

##### **2.1.4.2.1. Elementos de curvas horizontales**

Los elementos de las curvas horizontales son: la subtangente (St), la longitud de curva (Lc), el radio (R), el principio de curva (Pc), principio de tangente (Pt), la deflexión ( $\Delta$ ), la cuerda máxima (Cm) , la ordenada media (Om), el external (E), el centro de la curva, el punto de intersección (Pi), como se muestra en la figura 6:

Figura 6. Elementos de curva horizontal



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.1.4.2.2. Cálculo geométrico de curvas horizontales

Cuerda máxima (Cm)

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

$$\text{sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{Cm/2}{R} \rightarrow \frac{Cm}{2} = R * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$
$$Cm = 2 * R * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

Longitud de curva (Lc)

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

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

Tangentes (Tg)

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

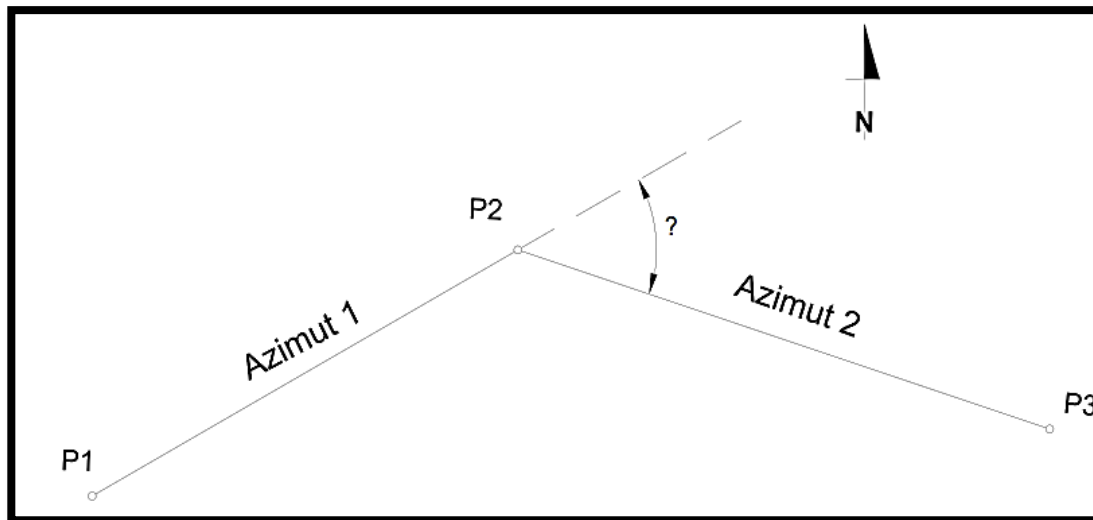
La longitud mínima de una tangente horizontal es el promedio de las dos longitudes de transición de las dos curvas entre la tangente, que se requiere para combinar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el

ancho de la corona. En teoría, la longitud máxima puede ser indefinida, por ejemplo, en zonas muy llanas; sin embargo, en estas regiones se limita a 15 kilómetros por razones de seguridad, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores.

#### Cálculo de la deflexión ( $\Delta$ )

Entre dos *azimuts* existe una diferencia angular, la forma de calcularla es restando el *azimut 2* del *azimut 1*. Ella sirve para escoger el tipo de curva que se utilizará, mientras más grande es ella, se utiliza un grado de curvatura mayor.

Figura 7. **Cálculo de la deflexión**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

External (E)

Es la distancia desde el Pi al punto medio de la curva

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

Ordenada media (Om)

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

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

Subtangente (St)

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

$$St = R * \operatorname{Tg} \frac{\Delta}{2}$$

Ejemplo:

Datos:

Curva = No. 1

PC = 0+005.66

PT = 0+017,61

$\Delta = 22^{\circ}42'16.80''$ .

R = 30,16 m.

G = 38°.

$$St = 30,16 * \operatorname{Tg} \frac{22^{\circ}42'16,80''}{2} = 6,055$$



$$Cm = 2 * 30,16 * \text{sen} \frac{22^{\circ}42'16,80''}{2} = 11,87 \text{ m}$$

$$LC = \frac{20 * 22^{\circ}42'16,80''}{38^{\circ}} = 11,95 \text{ m}$$

$$E = 30,16 \left( \text{sec} \frac{22^{\circ}42'16,80''}{2} - 1 \right) = 0,602 \text{ m}$$

$$Om = 30,16 \left( 1 - \cos \frac{22^{\circ}42'16,80''}{2} \right) = 0,59 \text{ m}$$

Tabla IV. **Planilla de curvas horizontales**

No. de curva	PC	PT	$\Delta$	Radio (m)	Cm (m)	LC (m)	E (m)
1	0+005,66	0+017,61	22°42'16,80"	30,156	11,872	11,950	0,602
2	0+045,59	0+082,50	3°41'28,10"	572,960	36,905	36,911	0,297
3	0+138,78	0+149,78	6°03'14,60"	104,170	11,002	11,007	0,146
4	0+174,03	0+195,94	12°02'52,10"	104,170	21,864	21,905	0,578
5	0+202,26	0+235,21	18°07'11,20"	104,170	32,807	32,945	1,316
6	0+251,99	0+260,81	4°50'57,90"	104,170	8,814	8,817	0,093
7	0+315,35	0+369,98	19°07'15,40"	163,700	54,377	54,631	2,306
8	0+415,70	0+448,10	22°41'06,90"	81,850	32,196	32,408	1,630
9	0+541,28	0+644,99	36°18'05,60"	163,700	101,991	103,719	8,572
10	0+688,13	0+746,20	72°35'55,70"	45,837	54,271	58,079	11,037
11	0+757,96	0+795,69	47°09'14,30"	45,837	36,668	37,723	4,175
12	0+809,67	0+903,22	60°48'20,70"	88,150	89,221	93,547	14,054
13	0+974,89	1+079,19	78°13'31,40"	76,394	96,386	104,301	22,064
14	1+171,62	1+211,94	28°13'23,70"	81,850	39,912	40,319	2,547
15	1+231,15	1+269,46	72°47'26,20"	30,156	35,786	38,311	7,308
16	1+303,03	1+369,95	83°38'35,70"	45,837	61,129	66,915	15,671
17	1+492,97	1+603,67	33°12'43,50"	190,986	109,164	110,707	8,312
18	1+613,63	1+721,13	16°07'27,40"	381,970	107,140	107,495	3,813
19	1+757,40	1+831,30	59°07'31,50"	71,620	70,671	73,907	10,719
20	1+858,89	1+900,00	22°36'53,20"	104,170	40,850	41,118	2,062
21	1+956,41	2+011,57	30°20'37,20"	104,170	54,526	55,170	3,762
22	2+067,17	2+120,96	75°18'01,60"	40,926	49,998	53,786	10,764
23	2+167,83	2+194,25	25°05'50,80"	60,310	26,207	26,418	1,476
24	2+244,03	2+266,58	42°50'11,80"	30,156	22,024	22,546	2,237
25	2+353,02	2+395,41	16°57'11,30"	143,240	42,221	42,375	1,581
26	2+430,28	2+481,02	05°04'24,60"	572,960	50,719	50,735	0,562
27	2+498,46	2+540,41	06°17'36,30"	381,972	41,935	41,956	0,577
28	2+556,15	2+654,92	19°45'12,20"	286,480	98,279	98,767	4,310
29	2+683,76	2+760,08	41°58'48,50"	104,174	74,632	76,328	7,404

Continuación de la tabla IV.

No. de curva	PC	PT	$\Delta$	Radio (m)	Cm (m)	LC (m)	E (m)
31	2+960,63	3+037,05	26°44'48,70"	163,700	75,727	76,420	4,563
32	3+107,45	3+179,32	21°33'30,50"	190,986	71,438	71,862	3,430
33	3+228,20	3+272,28	04°24'28,40"	572,960	44,068	44,079	0,424
34	3+286,52	3+405,14	29°39'24,90"	229,180	117,306	118,628	7,895
35	3+423,92	3+464,28	14°07'30"	163,700	40,254	40,357	1,252
36	3+500,40	3+555,87	30°30'24,60"	104,174	54,814	55,467	3,804
37	3+596,49	3+674,72	43°01'52,30"	104,174	76,413	78,239	7,803
38	3+753,79	3+798,04	24°19'58,70"	104,174	43,910	44,242	2,394
39	3+841,17	3+861,85	11°22'19"	104,174	20,642	20,676	0,515
40	3+973,45	4+010,01	12°47'53,10"	163,700	36,489	36,566	1,026
41	4+060,10	4+081,84	07°36'26,40"	163,700	21,719	21,735	0,361
42	4+132,82	4+157,90	08°46'45"	163,700	25,058	25,083	0,482
43	4+200,86	4+234,09	11°37'54"	163,700	33,176	33,233	0,847
44	4+250,11	4+304,34	29°49'27,80"	104,170	53,614	54,226	3,631
45	4+384,64	4+418,02	63°25'39,70"	30,156	31,705	33,383	5,293
46	4+442,48	4+459,12	18°18'46,80"	52,087	16,577	16,648	0,672
47	4+501,59	4+522,44	22°56'24,80"	52,087	20,716	20,855	1,061
48	4+581,48	4+627,09	86°39'21"	30,156	41,384	45,608	11,299
49	4+660,08	4+695,39	38°50'23,40"	52,087	34,637	35,309	3,142
50	4+821,09	4+846,94	18°05'52,70"	81,850	25,747	25,854	1,032
51	4+967,70	4+994,59	09°24'38,60"	163,700	26,857	26,888	0,554
52	5+173,46	5+211,99	13°29'12,20"	163,700	38,444	38,533	1,140
53	5+256,75	5+322,79	23°06'51,50"	163,700	65,593	66,041	3,388
54	5+379,21	5+482,82	15°32'26,70"	381,970	103,287	103,605	3,540
55	5+680,81	5+732,20	35°58'30,10"	81,850	50,552	51,393	4,206
56	5+796,69	5+853,93	08°35'11,80"	381,970	57,190	57,244	1,075
57	5+878,64	5+945,77	03°21'23,20"	1145,920	67,120	67,129	0,492
58	5+979,00	6+021,77	02°08'17,60"	1145,920	42,762	42,764	0,200
59	6+049,32	6+168,82	53°46'40,40"	127,320	115,142	119,481	15,427

Continuación de la tabla IV.

No. de curva	Om (m)	St (m)	G (°)	e%	Ls (m)	Sobre ancho (m)
1	0,590	6,054	38	9,8	25	2,40
2	0,297	18,462	2	0,9	17	0,60
3	0,145	5,509	11	4,4	17	1,00
4	0,575	10,993	11	4,4	17	1,00
5	1,300	16,611	11	4,4	17	1,00
6	0,093	4,411	11	4,4	17	1,00
7	2,274	27,572	7	2,9	17	0,80
8	1,599	16,419	14	3,3	17	1,20
9	8,146	53,666	7	2,9	17	0,80
10	8,895	33,670	25	8,1	21	1,70
11	3,826	20,004	25	8,1	21	1,70
12	12,122	51,723	13	5,0	17	1,10
13	17,119	62,112	15	5,7	17	1,20
14	2,470	20,577	14	5,4	17	1,20
15	5,882	22,229	38	9,8	25	2,40
16	11,678	41,014	25	8,1	21	1,70
17	7,966	56,957	6	2,5	17	0,80
18	3,775	54,105	3	1,3	17	0,60
19	9,324	40,624	16	6,0	17	1,30
20	2,022	20,829	11	4,4	17	1,00
21	3,631	28,247	11	4,4	17	1,00
22	8,523	31,574	28	8,7	22	1,90
23	1,441	13,424	19	6,8	18	1,40
24	2,083	11,829	38	9,8	25	2,40
25	1,564	21,343	8	3,3	17	0,90
26	0,561	25,384	2	0,9	17	0,60
27	0,576	20,999	3	1,3	17	0,60
28	4,246	49,879	4	1,7	17	0,60
29	6,913	39,968	11	4,4	17	1,00
30	1,759	45,006	2	0,9	17	0,60
31	4,439	38,919	7	2,9	17	0,80
32	3,370	36,361	6	2,5	17	0,80
33	0,424	22,050	2	0,9	17	0,60
34	7,633	60,674	5	2,1	17	0,70
35	1,242	20,281	7	2,9	17	0,80
36	3,670	28,408	11	4,4	17	1,00

Continuación de la tabla IV.

No. de curva	Om (m)	St (m)	G (°)	e%	Ls (m)	Sobre ancho (m)
38	2,340	22,459	11	4,4	17	1,00
39	0,513	10,372	11	4,4	17	1,00
40	1,020	18,359	7	2,9	17	0,80
41	0,361	10,883	7	2,9	17	0,80
42	0,480	12,566	7	2,9	17	0,80
43	0,843	16,674	7	2,9	17	0,80
44	3,508	27,741	11	4,4	17	1,00
45	4,503	18,635	38	9,8	25	2,40
46	0,664	8,396	22	7,5	19	1,60
47	1,040	10,569	22	7,5	19	1,60
48	8,219	28,445	38	9,8	25	2,40
49	2,963	18,363	22	7,5	19	1,60
50	1,019	13,036	14	5,4	17	1,20
51	0,552	13,474	7	2,9	17	0,80
52	1,132	19,356	7	2,9	17	0,80
53	3,319	33,475	7	2,9	17	0,80
54	3,507	52,122	3	1,3	17	0,60
55	4,001	26,575	14	5,4	17	1,20
56	1,072	28,676	3	1,3	17	0,60
57	0,492	33,574	1	0,5	17	0,60
58	0,199	21,385	1	0,5	17	0,60
59	13,760	64,547	9	4,0	17	0,90

Fuente: elaboración propia.

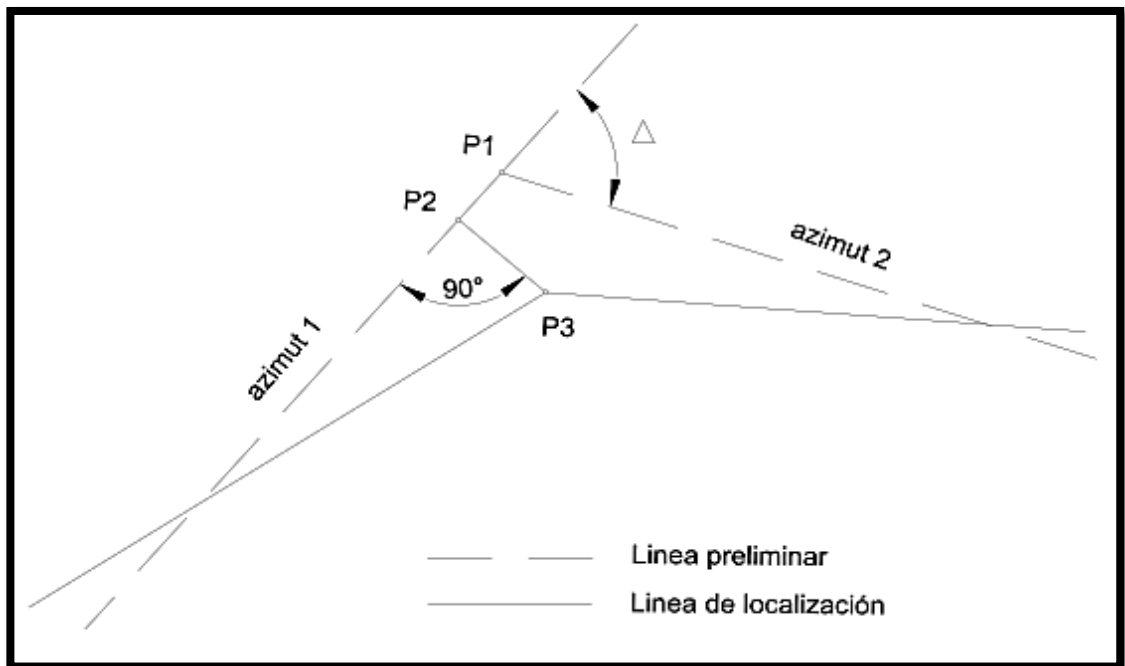
Los valores de peralte (e%), curva de transición (Ls) y sobre ancho se determinan por medio de las tablas del anexo 1.

#### Corrimiento de la línea

La línea de localización se diseña de acuerdo a la topografía del terreno, en la cual se ubican puntos fijos como puentes, casas, poblaciones, ríos, rellenos, roca, etc.

Cuando el levantamiento se hace para rehabilitar una carretera, la línea de localización coincide con la línea preliminar, en algunos tramos, en tanto que en donde se hacen modificaciones no coinciden, esta permite establecer puntos de control entre la línea preliminar y de localización como se muestra en la figura siguiente:

Figura 8. **Corrimiento de la línea**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.1.4.3. **Alineamiento vertical**

En perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de la subrasante depende, principalmente de la topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores que deben considerarse también:

La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante. Así, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada, generalmente, por el drenaje. En terrenos en lomerío se adaptan subrasantes onduladas, las cuales convienen, tanto en razón de operación de los vehículos como por la economía del costo de las carreteras. En terrenos montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.

Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores de diseño son: la pendiente máxima y la longitud crítica, pero la manera en que estos se aplican y adaptan al terreno para formar una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia del producto terminado.

Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.

Dos curvas verticales sucesivas y en las mismas direcciones separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable. Este efecto es muy notable en caminos divididos con aberturas espaciadas en la faja separadora central.

#### **2.1.4.4. Curvas verticales**

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

##### **2.1.4.4.1. Elementos de curvas verticales**

Pendiente positiva y negativa: se entiende por pendiente positiva aquella en la cual a medida que se avanza sobre la carretera, se incrementa la altura respecto del punto anterior, es decir se va hacia arriba en determinado tramo. Se entiende por pendiente negativa aquella en la cual a medida que se avanza sobre la carretera, decrece la altura respecto del punto anterior, es decir se va hacia abajo en determinado tramo.

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

Pendiente mínima: se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula (0 %), debido a que en ese caso actúa el drenaje transversal; en los cortes se recomienda el 0,5 % mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas, en algunas ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial podría llevar a aumentarla.



Longitudes de curvas verticales: en el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

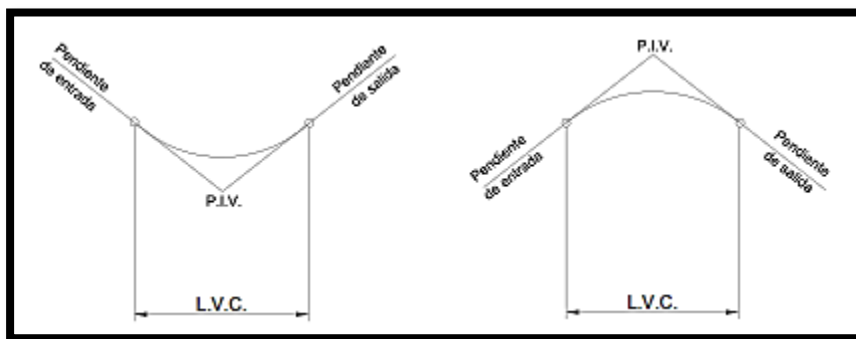
En diseños de carreteras para áreas rurales, se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño.

Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra.

Curva cóncava: existen curvas en descenso con entrada de pendiente negativa y salidas positivas denominadas cóncavas, también conocidas como curvas en columpio.

Curva convexa: también existen curvas en ascenso con entrada con pendiente positiva y salida con pendiente negativa denominadas convexas, conocidas como curvas en cresta.

Figura 9. **Curva vertical cóncava, convexa**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## Cálculo de curvas verticales

Para determinar la longitud de curvas se utilizó los siguientes 4 criterios:

- 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.

$$LCV = K \cdot A$$

Donde:

Lcv= longitud de curva vertical

K= constante que depende de las velocidades de diseño

A% = diferencia algebraica de pendientes

Tabla V. **Valores para K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño K.P.H.	valores de K según tipo de curvatura	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

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

- Criterio de apariencia: Para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

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

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

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

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

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

Valores K para visibilidad de parada: la longitud mínima de las curvas verticales, se calcula con la expresión siguiente:

$$L_{\min} = K * A_L$$

Donde:

$L_{\min}$  = longitud mínima de la curva vertical [m]

$A_L$  = diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales [%]

K = parámetro de la curva

Se han tabulado valores constantes K para determinar la longitud mínima de las curvas verticales a usarse según la velocidad de diseño y si la curva es cóncava o convexa.

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

$$O_m = \frac{P_s - P_e}{800} * L.C.V$$

Donde:

O<sub>m</sub>=ordenada media

P<sub>e</sub>= pendiente de entrada

P<sub>s</sub>= pendiente de salida

L.C.V= longitud de curva vertical

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

$$Y = \frac{O_m}{\left[\frac{L.C.V}{2}\right]^2} * D_i^2$$

$$Y = K * D_i^2$$

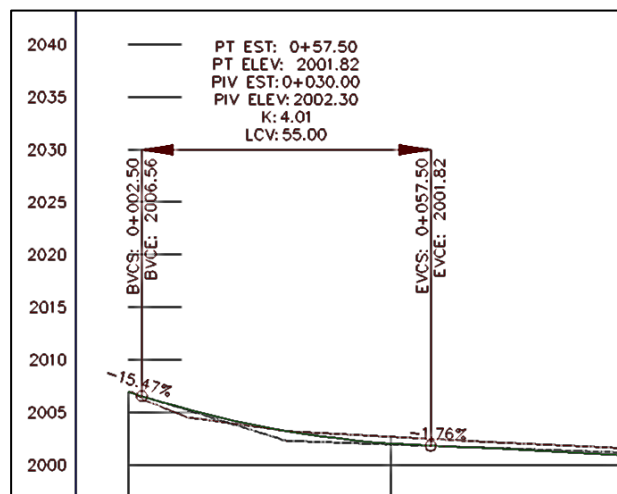
$$K = \frac{O_m}{\left[\frac{L.C.V}{2}\right]^2}$$

Donde:

Y= corrección en cualquier punto de la curva

Di= distancia del punto intermedio de la curva a la estación deseada

Figura 10. **Curva vertical**



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

Ejemplo:

Curva no. 1

$$L_{min} = 2(-15,47 - -1,76) = 27,42 \rightarrow 30 \text{ m}$$

$$O_m = \frac{(-15,47 - -1,76)}{800} * 30 = 0,51 \text{ m}$$

Tabla VI. Criterios para diseño de curvas verticales

CRITERIOS DE DISEÑO							
No. de curva	K	K*AL	Seguridad $K*AL < LCV$	Apariencia $LCV/AL \geq 30$	$V^2 / 395$	Comodidad $k \geq V^2 / 395$	Drenaje $k \leq 43$
1	4	54,84	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
2	2	13,42	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
3	4	17,52	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
4	4	12,04	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
5	2	11,86	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
6	4	18,96	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
7	2	18,90	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
8	4	3,48	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
9	4	35,32	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
10	2	14,72	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
11	2	10,18	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
12	4	48,96	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
13	2	14,48	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
14	2	5,28	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
15	2	4,22	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
16	4	35,04	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
17	2	5,58	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
18	4	46,64	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
19	4	23,64	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
20	2	39,28	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
21	4	33,44	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
22	4	19,80	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
23	2	29,56	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
24	4	37,96	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
25	2	14,84	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
26	4	18,60	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
27	4	1,40	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
28	2	1,66	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
29	4	1,24	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
30	4	29,96	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
31	4	3,12	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
32	4	1,72	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
33	4	19,24	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
34	2	6,08	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
35	4	20,32	CUMPLE	NO CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE
36	4	0,84	CUMPLE	CUMPLE	2,3	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Planilla de curvas verticales

No. de curva		Estación	LCV (m)	K	AL (%)	Cota Rasante	Om (m)	Cota corregida
1	PCV	0+002,50	55	2,19	13,71	2 006,56	0,278	2 006,56
	PIV	0+030,00				2 002,022		2 002,30
	PTV	0+057,50				2 001,82		2 001,82
2	PCV	0+060,00	150	22,35	6,71	2 001,78	-0,326	2 001,78
	PIV	0+135,00				2 000,79		2 000,46
	PTV	0+210,00				1 994,11		1 994,11
3	PCV	0+255,00	80	18,26	4,38	1 990,30	0,301	1 990,30
	PIV	0+255,00				1 968,609		1 968,91
	PTV	0+335,00				1 985,28		1 985,28
4	PCV	0+390,00	80	26,63	3,01	1 983,03	0,197	1 983,03
	PIV	0+430,00				1 981,203		1 981,40
	PTV	0+470,00				1 980,96		1 980,96
5	PCV	0+480,00	40	6,75	5,93	1 980,85	-0,341	1 980,85
	PIV	0+500,00				1 980,98		1 980,64
	PTV	0+520,00				1 979,24		1 979,24
6	PCV	0+535,00	40	8,43	4,74	1 978,18	-0,673	1 978,18
	PIV	0+555,00				1 977,45		1 976,78
	PTV	0+575,00				1 976,33		1 976,33
7	PCV	0+650,00	100	10,58	9,45	1 974,63	0,589	1 974,63
	PIV	0+700,00				1 972,911		1 973,50
	PTV	0+750,00				1 967,64		1 967,64
8	PCV	0+865,00	80	92,16	0,87	1 954,16	0,585	1 954,16
	PIV	0+905,00				1 948,885		1 949,47
	PTV	0+945,00				1 945,13		1 945,13
9	PCV	0+950,00	60	6,80	8,83	1 944,58	0,468	1 944,58
	PIV	0+980,00				1 940,862		1 941,33
	PTV	1+010,00				1 940,72		1 940,72
10	PCV	1+033,17	150	20,43	7,36	1 940,25	-0,687	1 940,25
	PIV	1108,17				1 939,42		1 938,73
	PTV	1+183,17				1 931,70		1 931,70

Continuación de la tabla VII.

No. de curva		Estación	LCV (m)	K	AL (%)	Cota Rasante	Om (m)	Cota corregida
11	PCV	1+265,00	60	11,77	5,09	1 924,03	-0,554	1 924,03
	PIV	1+295,00				1 924,58		1 924,03
	PTV	1+325,00				1 916,87		1 916,87
12	PCV	1+335,00	40	3,27	12,24	1 915,42	1 384	1 915,42
	PIV	1+355,00				5 28,530		1 912,53
	PTV	1+375,00				1 912,08		1 912,08
13	PCV	1+455,00	150	20,73	7,24	1 910,30	-0,396	1 910,30
	PIV	1+530,00				1 909,02		1 908,62
	PTV	1+605,00				1 901,52		1 901,52
14	PCV	1+764,11	150	56,75	2,64	1 886,45	-0,717	1 886,45
	PIV	1+839,11				1 880,06		1 879,34
	PTV	1+914,11				1 870,26		1 870,26
15	PCV	2+240,00	60	28,46	2,11	1 830,78	-0,374	1 830,78
	PIV	2+270,00				1 827,52		1 827,15
	PTV	2+300,00				1 822,88		1 822,88
16	PCV	2+310,00	60	6,85	8,76	1 821,46	0,602	1 821,46
	PIV	2+340,00				1 816,588		1 817,19
	PTV	2+370,00				1 815,55		1 815,55
17	PCV	2+410,00	80	28,69	2,79	1 813,37	-0,192	1 813,37
	PIV	2+450,00				1 811,38		1 811,19
	PTV	2+490,00				1 807,59		1 807,59
18	PCV	2+495,00	60	5,15	11,66	1 807,59	0,416	1 807,59
	PIV	2+525,00				1 804,584		1 805,00
	PTV	2+555,00				1 806,02		1 806,02
19	PCV	2+585,63	80	13,53	5,91	1 807,07	1,266	1 807,07
	PIV	2+625,53				1 807,164		1 808,43
	PTV	2+665,63				1 812,16		1 812,16
20	PCV	2+690,00	100	5,09	19,64	1 814,43	-0,597	1 814,43
	PIV	2+740,00				1 819,69		1 819,09
	PTV	2+790,00				1 813,93		1 813,93



Continuación de la tabla VII.

No. de curva		Estación	LCV (m)	K	AL (%)	Cota Rasante	Om (m)	Cota corregida
21	PCV	2+850,00	150	17,94	8,36	1 807,74	0,454	1 807,74
	PIV	2+925,00				1 799,546		1 800,00
	PTV	3+000,00				1 798,53		1 798,53
22	PCV	3+520,00	150	30,33	4,95	1 788,35	0,381	1 788,35
	PIV	3+595,00				1 786,499		1 786,88
	PTV	3+670,00				1 789,13		1 789,13
23	PCV	3+690,00	100	6,77	14,78	1 789,72	-0,511	1 789,72
	PIV	3+740,00				1 791,73		1 791,22
	PTV	3+790,00				1 785,32		1 785,32
24	PCV	3+845,00	150	15,81	9,49	1 778,84	0,341	1 778,84
	PIV	3+920,00				1 769,659		1 770,00
	PTV	3+995,00				1 768,27		1 768,27
25	PCV	4+035,00	100	13,49	7,42	1 767,35	-0,681	1 767,35
	PIV	4+085,00				1 766,88		1 766,20
	PTV	4+135,00				1 761,34		1 761,34
26	PCV	4+230,00	150	32,24	4,65	1 752,11	-0,204	1 752,11
	PIV	4+305,00				1 745,02		1 744,82
	PTV	4+380,00				1 734,04		1 734,04
27	PCV	4+445,00	100	282,47	0,35	1 724,70	0,463	1 724,70
	PIV	4+495,00				1 717,057		1 717,52
	PTV	4+545,00				1 710,51		1 710,51
28	PCV	4+570,00	100	118,17	0,83	1 707,01	-0,300	1 707,01
	PIV	4+620,00				1 700,30		1 700,00
	PTV	4+670,00				1 692,57		1 692,57
29	PCV	4+815,00	40	123,81	0,31	1 671,02	0,374	1 671,02
	PIV	4+835,00				1 667,676		1 668,05
	PTV	4+855,00				1 665,14		1 665,14
30	PCV	4+860,00	80	102,85	7,49	1 664,41	0,381	1 664,41
	PIV	4+880,00				1 661,119		1 661,50
	PTV	4+900,00				1 660,00		1 660,00

Continuación de la tabla VII.

No. de curva		Estación	LCV (m)	K	AL (%)	Cota Rasante	Om (m)	Cota corregida
31	PCV	4+965,00	80	102,85	0,78	1 655,51	0,511	1 655,51
	PIV	5+005,00				1 652,179		1 652,69
	PTV	5+045,00				1 650,19		1 650,19
32	PCV	5+185,00	100	229,84	0,43	1 641,41	0,341	1 641,41
	PIV	5+235,00				1 637,929		1 638,27
	PTV	5+285,00				1 635,36		1 635,36
33	PCV	5+290,00	100	20,79	4,81	1 635,06	0,681	1 635,06
	PIV	5+340,00				1 631,469		1 632,15
	PTV	5+390,00				1 631,63		1 631,63
34	PCV	5+535,00	150	49,32	3,04	1 630,14	-0,204	1 630,14
	PIV	5+610,00				1 629,58		1 629,38
	PTV	5+685,00				1 626,32		1 626,32
35	PCV	5+705,00	100	19,70	5,08	1 625,51	0,463	1 625,51
	PIV	5+755,00				1 623,017		1 623,48
	PTV	5+805,00				1 623,98		1 623,98
36	PCV	5+850,00	200	89,77	0,21	1 624,44	-0,300	1 624,44
	PIV	5+950,00				1 625,74		1 625,44
	PTV	6+050,00				1 624,220		1 624,220

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5. Movimiento de tierras

Consiste en el cálculo de la cantidad de terreno que se debe cortar y de la cantidad de material que se requiere para relleno a fin formar lo que será el trazo de la carretera.

### **2.1.5.1. Cálculo de áreas de secciones transversales**

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

Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural; sobre este se marca el área de relleno y debajo el área de corte, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica.

Se estimará el ancho de rodadura, con la pendiente de bombeo de 2 % o el peralte que sea apropiado, si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; el ancho del hombro de la carretera, con la pendiente, taludes de corte y relleno, según se presente el caso, determinando la pendiente en razón con el tipo de material del terreno y la altura que precisen. Es de hacer notar que cuando sea necesario, se marcará un espacio de remoción de capa vegetal en que se cortará, en una profundidad aproximada de 30 cm. Este se considera en un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

El perfil exacto de la cuneta, por lo general, se calcula aparte para considerarlo como excavación de canales, se mide o calcula el área enmarcada entre el trazo del perfil del terreno y el perfil que se desea obtener, clasificando así separadamente el corte y el relleno necesario.

Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica, bien sea en corte o en relleno, se muestran a continuación:

Tabla VIII. **Relación para corte y relleno**

Corte		Relleno	
Altura	H:V	Altura	H:V
0 - 3	2:1	0 - 3	2:1
3 - 7	1:2	>3	3:2
>7	1:3		

Fuente: elaboración propia.

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar un planímetro polar, si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de determinantes para encontrar el área.

$$A = \left| \sum \left[ \frac{\sum(X_t * Y_{t+1}) - \sum(Y_t * X_{t+1})}{2} \right] \right|$$

Tabla IX. **Cálculo de áreas de secciones transversales**

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X0	Y0

Fuente: elaboración propia.

$$a = \sum (X_t * Y_{t+1})$$

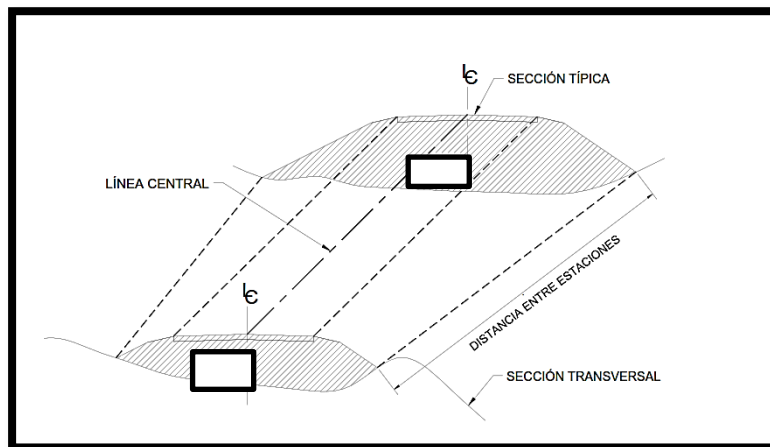
$$b = \sum (Y_t * X_{t+1})$$

$$A = \left| \frac{(a - b)}{2} \right|$$

### 2.1.5.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Cada una de las áreas calculadas anteriormente, constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse; suponiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de las áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas; se obtienen así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Figura 11. Cálculo de volumen de movimiento de tierras



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$\text{Vol} = \left[ \frac{(A_1 + A_2) * D}{2} \right]$$

Donde:

Vol = volumen

$A_1$  = área 1

$A_2$  = área 2

D = distancia entre estaciones

Cuando en la sección transversal existan áreas de corte y de relleno deberán calcularse las distancias de paso, que son los puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de corte a relleno o viceversa.

Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

$$D_1 = \frac{R * D}{C + R} \quad D_2 = \frac{C * D}{C + R}$$

$$V_C = \frac{C}{2} * D_2 \quad V_R = \frac{R}{2} * D_1$$

Donde:

$D_1$  = distancia de paso 1

$D_2$  = distancia de paso 2

R = relleno

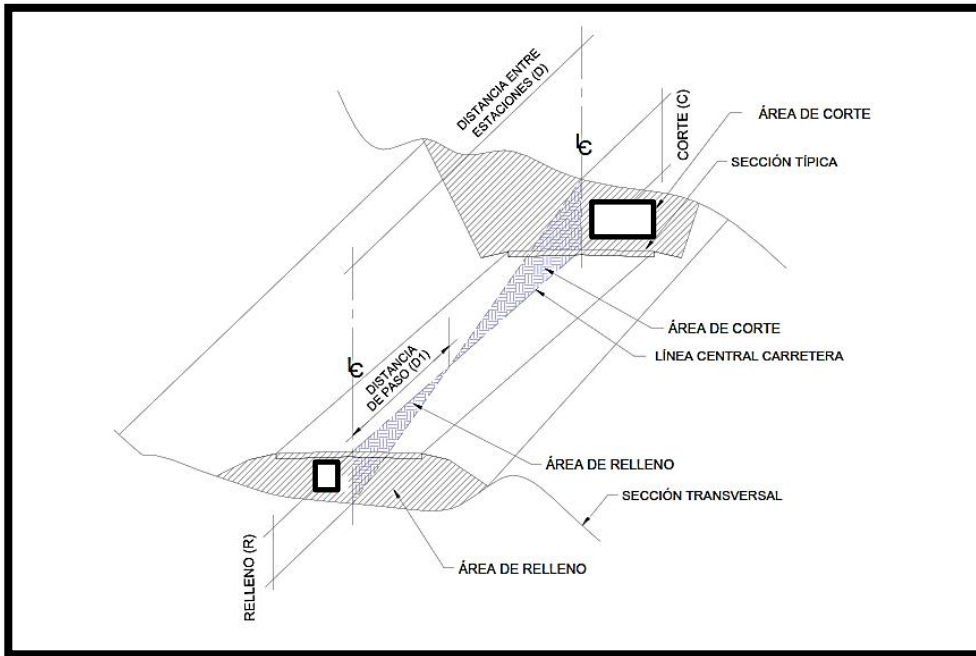
C = corte

D = distancia entre estaciones

$V_C$  = Volumen de corte

$V_R$  = Volumen de relleno

Figura 12. Distancia de paso



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.1.5.3. Balance y diagrama de masas

Después de calcular los volúmenes, continuamos con el cálculo de los valores del balance, estos servirán para formar la curva de Bruckner que combinada con el diseño de la línea de balance permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras. El valor inicial ó al de la sección transversal anterior se le suma el volumen de corte afectado por el coeficiente de variabilidad volumétrica de contracción y a esto se le resta el volumen de relleno de la sección considerada.

$$B_i = B_a + C - (R / \text{Factor})$$

Factor = 1 + % Hinchamiento ó 1 - % Contracción.

Bi = Balance en cualquier estación

Ba = Balance anterior

C = Corte

R = Relleno

Factor = Coeficiente de contratación e hinchamiento

Al diseñar la línea de balance sobre las puntas de balance ploteados (curva de bruckner ) estas actividades formarán el *Diagrama de Masas*.

Tabla X. **Tabla de cota de balance**

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
0	0	0,00	10 000,00
20	20,02	3,70	10 016,32
40	106,06	3,82	10 102,25
60	230,13	3,82	10 226,32
80	344,4	3,82	10 340,59
100	459,72	3,82	10 455,91
120	596,12	3,82	10 592,31
140	791,52	3,82	10 787,71
160	1 016,4	3,82	11 012,59
180	1 177,58	3,82	11 173,77
200	1 249,01	3,82	11 245,20
220	1 294,55	4,01	11 290,54
240	1 406,88	7,49	11 399,39
260	1 516,34	33,37	11 482,98
280	1 612,79	78,29	11 534,50
300	1 779,95	18,52	11 661,33
320	1 938,42	150,49	11 787,93
340	1 999,74	191,02	11 808,72
360	2 006,92	255,04	11 751,86
380	2 038,00	317,58	11 720,40
400	2 188,94	352,65	11 836,28
420	2 454,44	362,83	12 091,60
440	2 743,89	362,83	12 381,05
460	3 150,5	362,83	12 787,66
480	3 721,79	362,83	13 358,95
500	4 401,29	362,83	14 038,45
520	4 996,09	362,83	14 633,25
540	5 391,29	362,94	15 028,34
560	5 597,08	381,10	15 215,98
580	5 706,83	410,61	15 296,22
600	5 948,34	438,83	15 509,51



Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
620	6 976,55	482,14	16 494,41
640	8 616,05	509,17	18 106,88
660	10 145,69	509,64	19 636,05
680	11 776,93	509,64	21 267,29
700	13 123,1	509,78	22 613,32
720	13 937,91	509,92	23 427,99
740	14 692,38	509,92	24 182,46
760	15 932,53	509,92	25 422,61
780	17 459,57	509,92	26 949,65
800	19 054,04	509,92	28 544,12
820	21 056,48	510,43	30 546,05
840	22 661,65	518,19	32 143,46
860	23 435,34	566,28	32 869,06
880	23 812,26	845,88	33 166,38
900	23 934,34	709,05	33 225,29
920	24 012,2	733,42	33 278,78
940	24 117,64	739,36	33 378,28
960	24 214,95	782,04	33 432,92
980	24 279,12	946,35	33 332,77
1 000	24 364,28	1 079,44	33 284,84
1 020	24 484,76	1 127,18	33 357,58
1 040	24 605,57	1 172,13	33 433,43
1 060	24 779,4	1 198,57	33 580,82
1 080	25 144,37	1 203,22	33 941,14
1 100	25 754,43	1 203,22	34 551,20
1 120	26 241,99	1 203,22	35 038,76
1 140	26 435,99	1 301,07	35 134,92
1 160	26 479,23	1 603,36	34 875,86
1 180	26 481,19	2 110,49	34 370,69
1 200	26 481,19	2 765,94	33 715,24

Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
1 220	26 626,9	3 397,57	33 229,32
1 240	26 877,18	3 873,18	33 003,99
1 260	27 276,79	4 147,26	33 129,52
1 280	27 853,98	4 249,37	33 604,60
1 300	28 408,82	4 268,23	34 140,58
1 320	28 762,73	4 275,83	34 486,89
1 340	28 919,79	4 288,08	34 631,70
1 360	29 458,58	4 293,52	35 165,05
1 380	29 961,8	4 297,91	35 663,88
1 400	30 061,04	4 318,68	35 742,35
1 420	30 128,86	4 351,55	35 777,30
1 440	30 340,88	4 381,36	35 959,51
1 460	30 710,7	4 403,77	36 306,91
1 480	31 125,35	4 416,22	36 709,12
1 500	31 607,47	4 420,49	37 186,97
1 520	32 114,31	4 440,33	37 673,97
1 540	32 658,09	4 463,03	38 195,05
1 560	33 115,85	4 473,53	38 642,30
1 580	33 436,9	4 481,08	38 955,81
1 600	33 683,05	4 481,08	39 201,96
1 620	33 871,73	4 482,16	39 389,56
1 640	34 063,28	4 487,74	39 575,53
1 660	34 208,3	4 498,14	39 710,15
1 680	34 290,33	4 547,12	39 743,20
1 700	34 466,21	4 627,57	39 838,63
1 720	34 877,17	4 668,34	40 208,82
1 740	35 341,99	4 672,16	40 669,82
1 760	35 984,45	4 672,55	41 311,88
1 780	36 691,1	4 672,58	42 018,50
1 800	37 285,5	4 697,61	42 587,87

Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
1 820	37 832,59	4 729,42	43 103,15
1 840	38 533,9	4 736,53	43 797,35
1 860	39 288,76	4 736,53	44 552,21
1 880	39 751,07	4 736,53	45 014,52
1 900	39 980,03	4 756,15	45 223,86
1 920	40 102,78	4 815,52	45 287,23
1 940	40 270,37	4 895,89	45 374,45
1 960	40 682,63	4 966,38	45 716,22
1 980	41 330,04	5 037,97	46 292,03
2 000	42 113,57	5 137,76	46 975,77
2 020	42 736,64	5 259,94	47 476,66
2 040	43 110,53	5 369,17	47 741,32
2 060	43 510,63	5 432,20	48 078,39
2 080	43 946,22	5 450,40	48 495,78
2 100	44 441,5	5 450,45	48 991,02
2 120	45 093,83	5 450,45	49 643,35
2 140	45 904,97	5 450,45	50 454,49
2 160	46 826,8	5 450,45	51 376,32
2 180	48 150,38	5 451,32	52 699,02
2 200	49 743,35	5 452,20	54 291,12
2 220	51 238,79	5 454,53	55 784,23
2 240	52 580,19	5 458,69	57 121,80
2 260	53 442,76	5 460,80	57 981,93
2 280	54 284,67	5 461,63	58 823,01
2 300	55 038,78	5 461,63	59 577,12
2 320	55 650,15	5 464,41	60 185,71
2 340	56 279,27	5 467,20	60 812,04
2 360	56 942,15	5 468,01	61 474,11
2 380	57 452,84	5 493,52	61 959,30
2 400	57 726,99	5 531,04	62 195,93

Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
2 420	57 885,52	5 565,89	62 319,61
2 440	58 029,18	5 588,76	62 440,40
2 460	58 186,88	5 619,07	62 567,79
2 480	58 356,08	5 659,76	62 696,30
2 500	58 654,27	5 670,98	62 983,27
2 520	59 172,98	5 673,18	63 499,78
2 540	59 648,18	5 677,19	63 970,97
2 560	59 994,35	5 680,50	64 313,83
2 580	60 328,28	5 686,14	64 642,13
2 600	60 673,51	5 697,33	64 976,16
2 620	61 090,22	5 723,83	65 366,38
2 640	61 662,39	5 749,43	65 912,94
2 660	62 445,97	5 755,60	66 690,35
2 680	63 260,27	5 755,60	67 504,65
2 700	63 846,96	5 755,60	68 091,34
2 720	64 279,94	5 758,62	68 521,30
2 740	64 757,95	5 761,64	68 996,29
2 760	65 331,33	5 761,64	69 569,67
2 780	65 898,52	5 761,64	70 136,86
2 800	66 357,95	5 761,64	70 596,29
2 820	66 782,71	5 761,64	71 021,05
2 840	67 255,79	5 761,64	71 494,13
2 860	67 843,06	5 761,64	72 081,40
2 880	68 522,27	5 761,64	72 760,61
2 900	69 240,7	5 761,64	73 479,04
2 920	69 900,59	5 761,64	74 138,93
2 940	70 442,94	5 761,64	74 681,28
2 960	70 862,99	5 761,64	75 101,33
2 980	71 180,36	5 761,64	75 418,70
3 000	71 461,53	5 761,64	75 699,87

Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
3 020	71 747,03	5 761,64	75 985,37
3 040	72 139,77	5 761,64	76 378,11
3 060	72 697,24	5 761,64	76 935,58
3 080	73 285,37	5 761,64	77 523,71
3 100	73 896,28	5 761,64	78 134,62
3 120	74 534,39	5 761,64	78 772,73
3 140	75 106,66	5 761,64	79 344,97
3 160	75 619,58	5 761,64	79 857,68
3 180	76 095,52	5 762,06	80 333,43
3 200	76 542,95	5 762,06	80 780,86
3 220	76 958,77	5 762,06	81 196,68
3 240	77 326,39	5 762,06	81 564,30
3 260	77 650,65	5 762,06	81 888,56
3 280	77 936,19	5 769,32	82 166,85
3 300	78 158,78	5 808,14	82 350,62
3 320	78 337,5	5 889,23	82 448,25
3 340	78 418,09	5 938,75	82 479,32
3 360	78 487,72	5 945,85	82 543,86
3 380	78 642,15	5 948,94	82 693,20
3 400	78 808,63	5 948,94	82 859,68
3 420	78 952,79	5 948,94	83 003,84
3 440	79 035,48	5 961,70	83 073,78
3 460	79 058,26	5 990,26	83 068,00
3 480	79 065,09	6 013,52	83 051,57
3 500	79 092,51	6 020,97	83 071,54
3 520	79 203,42	6 020,97	83 182,45
3 540	79 438,99	6 020,97	83 418,02
3 560	79 663,43	6 024,46	83 638,97
3 580	79 786,46	6 028,10	83 758,36
3 600	79 949	6 028,16	83 920,84

Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
3 620	80 126,84	6 028,21	84 098,63
3 640	80 264,19	6 028,57	84 235,62
3 660	80 420,2	6 035,51	84 384,69
3 680	80 716,37	6 042,13	84 674,23
3 700	81 222,46	6 042,13	85 180,32
3 720	81 737,86	6 042,13	85 695,72
3 740	82 161,98	6 042,13	86 119,84
3 760	82 628,98	6 042,13	86 586,84
3 780	83 130,78	6 042,13	87 088,64
3 800	83 556,75	6 042,13	87 514,61
3 820	84 093,02	6 046,07	88 046,94
3 840	84 834,93	6 051,70	88 783,22
3 860	86 072,41	6 053,98	90 018,42
3 880	87 522,53	6 054,67	91 467,85
3 900	88 988,54	6 054,67	92 933,86
3 920	90 656,57	6 054,67	94 601,89
3 940	92 221,01	6 054,67	96 166,33
3 960	93 318,83	6 054,67	97 264,15
3 980	94 033,26	6 054,67	97 978,58
4 000	94 525,66	6 054,67	98 470,98
4 020	94 944,45	6 055,42	98 889,02
4 040	95 296,23	6 058,71	99 237,51
4 060	95 665,81	6 061,48	99 604,32
4 080	96 091,47	6 061,70	100 029,75
4 100	96 506,73	6 063,58	100 443,15
4 120	96 727,12	6 089,68	100 637,42
4 140	96 809,73	6 127,32	100 682,39
4 160	96 861,37	6 145,36	100 715,99
4 180	96 917,96	6 165,47	100 752,48
4 200	96 985,39	6 182,21	100 803,16

Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
4 220	97 140,2	6 185,89	100 954,29
4 240	97 340,94	6 189,53	101 151,39
4 260	97 502,54	6 190,51	101 312,01
4 280	97 646,74	6 190,76	101 455,95
4 300	97 741,56	6 191,02	101 550,51
4 320	97 774,67	6 246,61	101 528,04
4 340	97 824,53	6 410,00	101 414,50
4 360	97 877,46	6 684,10	101 193,34
4 380	97 938,42	7 005,24	100 933,15
4 400	98 021,2	7 259,75	100 761,42
4 420	98 169,14	7 419,19	100 749,92
4 440	98 346,84	7 527,77	100 819,04
4 460	98 548,35	7 619,87	100 928,45
4 480	99 153,6	7 719,30	101 434,27
4 500	100 074,6	7 767,97	102 306,63
4 520	101 017,3	7 799,60	103 217,71
4 540	102 076,9	7 902,53	104 174,31
4 560	103 272,5	7 983,93	105 288,54
4 580	104 579,5	7 992,48	106 586,98
4 600	105 796,6	8 000,32	107 796,29
4 620	107 731,8	807,80	109 723,96
4 640	111 074,6	8 008,37	113 066,16
4 660	113 987,9	8 008,37	115 979,46
4 680	115 616,4	8 008,53	117 607,86
4 700	11 6786	8 008,69	118 777,30
4 720	118 047,7	8 044,05	120 003,66
4 740	119 120,4	8 134,09	120 986,26
4 760	12 0053	8 249,94	121 803,01
4 780	120 951,6	8 362,68	122 588,93
4 800	121 844,1	8 490,81	123 353,25

Continuación de la tabla X.

CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
4 820	122 618,2	8 683,70	123 934,49
4 840	123 200,9	8 911,47	124 289,41
4 860	123 757,6	9 124,56	124 632,97
4 880	124 208,5	9 283,65	124 924,80
4 900	124 543,3	9 415,37	125 127,87
4 920	124 861,2	9 536,57	125 324,57
4 940	125 224,6	9 618,90	125 605,67
4 960	125 571,2	9 683,24	125 887,95
4 980	125 855,4	9 720,10	126 135,26
5 000	126 129,6	9 728,88	126 400,70
5 020	126 423	9 733,56	126 689,40
5 040	126 681,5	9 752,59	126 928,86
5 060	126 853,6	9 805,01	127 048,53
5 080	126 934,1	9 911,40	127 022,69
5 100	126 960,4	10 071,60	126 888,79
5 120	126 969,9	1 023,56	126 735,31
5 140	126 989	10 334,73	126 654,26
5 160	127 055,9	10 363,24	126 692,65
5 180	127 236,2	10 363,24	126 872,89
5 200	127 555,9	10 363,24	127 192,57
5 220	127 977,5	10 363,24	127 614,17
5 240	128 418,1	10 363,25	128 054,81
5 260	128 791,9	10 363,33	128 428,50
5 280	129 063,1	10 363,50	128 699,57
5 300	129 273,4	10 363,79	128 909,54
5 320	129 462,5	10 373,01	129 089,45
5 340	129 796,3	10 383,70	129 412,51
5 360	130 301,7	10 389,82	129 911,87
5 380	130 854,5	10 394,51	130 459,93
5 400	131 393,8	10 397,39	130 996,40



Continuación de la tabla X.

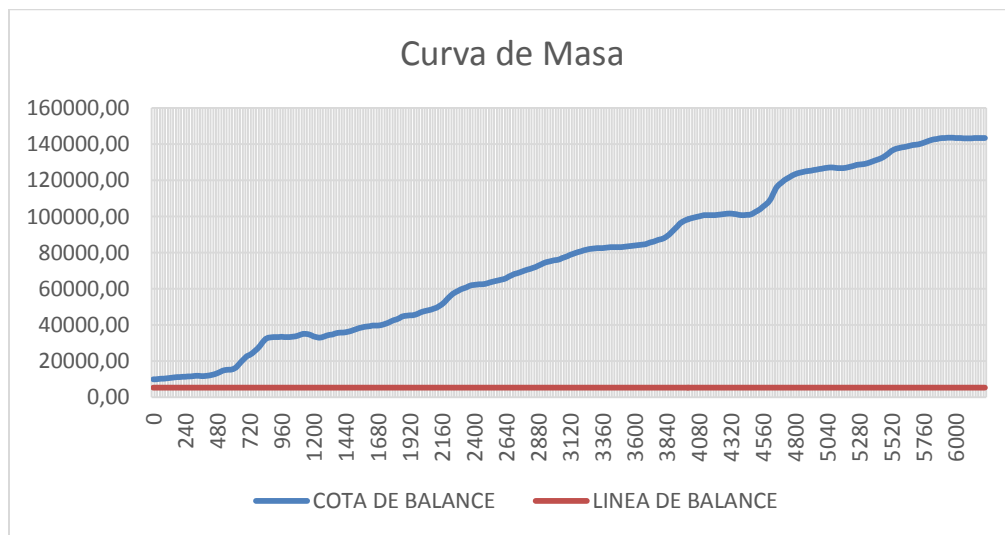
CAMINAMIENTO	CORTE	RELLENO	COTA DE BALANCE
5 420	131 930,6	10 409,30	131 521,30
5 440	132 531	10 426,88	132 104,03
5 460	133 265	10 439,83	132 825,08
5 480	134 202	10 445,75	133 756,17
5 500	135 405,2	10 447,33	134 957,82
5 520	136 610,4	10 447,36	136 162,95
5 540	137 484,6	10 447,36	137 037,18
5 560	138 007,5	10 447,36	137 560,06
5 580	138 351,5	10 447,37	137 904,07
5 600	138 634,4	10 447,42	138 186,92
5 620	138 921	10 447,45	138 473,50
5 640	139 260,6	10 447,45	138 813,08
5 660	139 616,2	10 447,45	139 168,75
5 680	139 919	10 451,04	139 467,93
5 700	140 130,3	10 456,02	139 674,22
5 720	140 361,8	10 457,42	139 904,29
5 740	140 720,3	10 457,42	140 262,84
5 760	141 221,7	10 457,42	140 764,26
5 780	141 760	10 457,42	141 302,49
5 800	142 255,4	10 457,42	141 797,90
5 820	142691,3	10457,42	142233,83
5 840	143080,1	10457,42	142622,63
5 860	143390,8	10457,42	142933,29
5 880	143625,5	10457,42	143168,03
5 900	143787,4	10457,59	143329,80
5 920	143895,8	10457,82	143437,98
5 940	143966,5	10459,69	143506,76
5 960	144000,5	10475,54	143524,91
5 980	144014,4	10514,79	143499,58
6 000	144023,3	10575,91	143447,36
6 020	144030,2	10649,64	143380,47

Continuación de la tabla X.

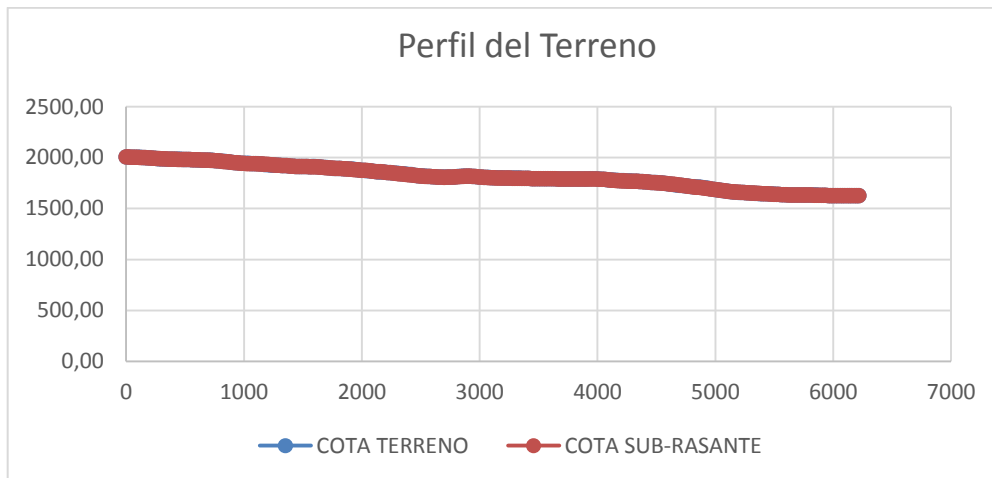
6 040	144 034,6	10 721,77	143 312,73
6 060	144 036,9	10 776,62	143 260,18
6 080	144 045,2	10 809,17	143 235,96
6 100	144 067,7	10 824,93	143 242,76
6 120	144 109,6	10 829,33	143 280,19
6 140	144 167,8	10 830,33	143 337,37
6 160	144 222,3	10 830,96	143 391,26
6 180	144 257	10 831,38	143 425,54
6 200	144 276	10 831,70	143 444,20
6 220	144 288	10 831,87	143 456,08

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Diagrama de masas**



Continuación de la figura 13.



Fuente: elaboración propia.

## 2.1.6. Diseño hidráulico

Consiste en el diseño de obras de arte que sirven para aliviar el agua proveniente de la lluvia o incluso de algún río, con el fin de que no interfieran con la carretera y lleguen a ser un impedimento para transportarse.

### 2.1.6.1. Bombeo de superficie

Se le llama bombeo o pendiente transversal a la forma que se le da a la sección del camino para evitar que el agua de lluvia se estanque y, por lo tanto, ocasione trastornos al tránsito e infiltraciones en las terrecerías que provocan saturaciones en las mismas, reblandecimientos del terreno y, finalmente, destrucción. Sirve también para evitar que el agua fluya longitudinalmente sobre la superficie y la erosione. El bombeo depende no solamente de la precipitación pluvial sino de la clase de superficie de la carretera, ya que una superficie dura

requiere menos pendiente que una superficie rugosa. Al proyectar el bombeo de una carretera debe tomarse en cuenta también la comodidad para los usuarios de la carretera, puesto que una carretera con bombeo exagerado provoca que los conductores de vehículos prefieran el centro.

Para el diseño del proyecto realizado el bombeo es de 2 % que este es el recomendado para caminos vecinales.

#### **2.1.6.2. Diseño de cunetas**

Son canales abiertos que se calculan por la fórmula de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

De acuerdo a la topografía se diseñaron los aliviaderos de las cunetas, ya que según la forma del terreno, se colocaron tuberías transversales, aliviaderos con disipadores de energía, fosas de laminación etc.

Para el diseño de cunetas se utiliza: el Método Racional

El método racional se utiliza en hidrología para determinar el Caudal Máximo de descarga de una cuenca hidrográfica; En el diseño de la carretera se utilizó este método para determinar el caudal de diseño del drenaje longitudinal y transversal.

El caudal a utilizar será el de escorrentía máxima el cual es:

$$Q = Q_e + Q_r$$

Donde:

$Q_e$  = caudal de escorrentía máxima en metros cúbicos sobre segundo

$Q_r$  = caudal de riachuelos intermitentes generados en época lluviosa

Para este caso:  $Q_e$  será el caudal calculado para el drenaje longitudinal

La fórmula que expresa el principio racional es:

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

Donde:

$Q$  = caudal máximo ( $m^3/s$ )

$A$  = área de la cuenca

( $Ha$ )  $I$  = intensidad máxima de lluvia ( $mm/h$ )

$C$  = coeficiente de escorrentía (depende de la vegetación, el tipo de suelo y la pendiente)

Tabla XI. **Tiempo de concentración**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2838/t+18	3706/t+22	4204/t+23	4604/t+24
Bananera, Izabal	5771.5/t+48.98	7103.95/t+53.80	7961.65/t+56.53	8667.77/t+54.43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	977.7/t+3.80	1128.5/t+3.24	1323.5/t+3.48	-----
El Pito Chicolá, Suchitepéquez	11033.6/t+101.10	11618.7/t+92.19	13455.2/t+104.14	-----
La Fragua, Zacapa	3700.5/t+50.69	3990.5/t+41.75	4049.0/t+37.14	-----

Fuente: Insivumeh. *Actualización*, 2015.

Para obtener el dato de intensidad de lluvia se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{A}{tc + B}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia (mm/hr).

A y B = constantes que se obtienen por el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

Tc = tiempo de concentración de la cuenca en minutos.

Para determinar el tiempo de concentración de la cuenca se utilizará la siguiente fórmula:

$$tc = \frac{3 \times L^{1.15}}{154 \times H^{0.38}}$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración de la cuenca

L = longitud del cauce principal en metros

H = diferencia del nivel inicial respecto al nivel final en metros

La zona del proyecto es afectada por una cuenca con una longitud de cauce de 621,28 metros y una diferencia de niveles desde el punto inicial hasta el punto final de 74 metros. Los datos fueron proporcionados por la topografía tomada en las secciones anteriores y programa *Google Earth*.

$$tc = \frac{3 \times 621,28^{1,15}}{154 \times 74^{0,38}} \rightarrow 6,19 \text{ minutos}$$

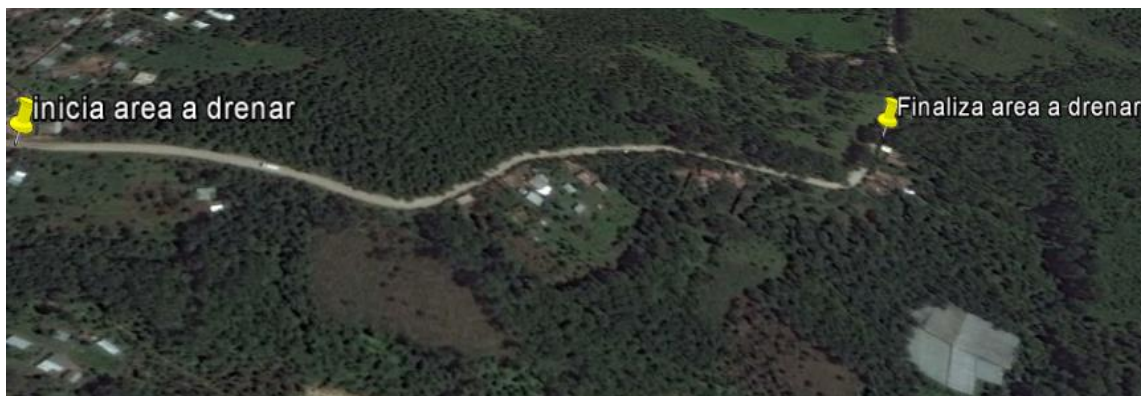
Las constantes A, B y n fueron obtenidas de la estación meteorológica más cercana, la cual se encuentra en ciudad de Guatemala. Los datos son para un periodo de retorno de 20 años. 4891.05

Con los datos anteriores se obtiene la intensidad de lluvia.

$$I = \frac{4\,604}{6,19 + 24} = 152,50 \text{ mm/hr}$$

El área de la cuenca que afecta al proyecto es de aproximadamente 6.30 hectáreas. El dato fue obtenido por el *software* computacional *Google Earth*, y *Global Mapper v16*.

Figura 14. **Área de microcuenca tributaria**



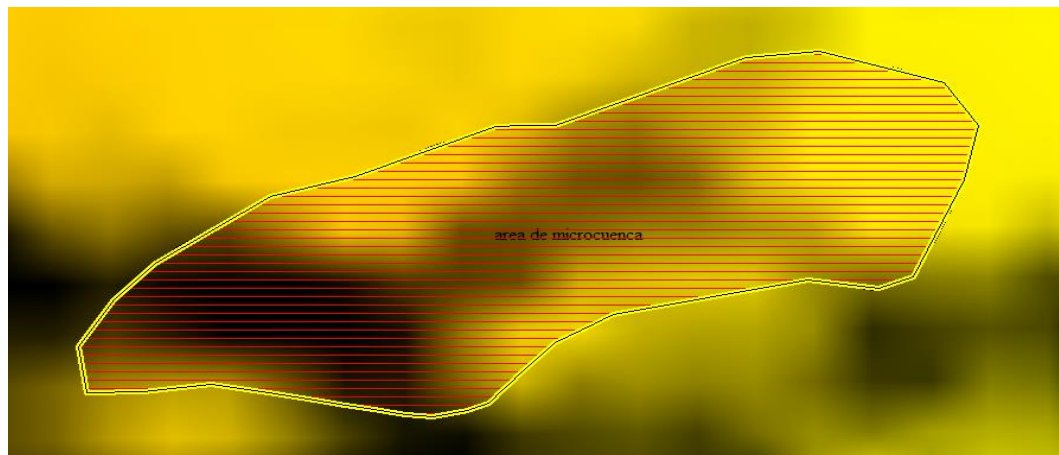
Fuente: *Google Earth*. Consulta: 26 de noviembre de 2016.

Figura 15. **Área de microcuena tributaria**



Fuente: *Google Earth*. Consulta: 26 de noviembre de 2016.

Tabla XII. **Área de microcuena**



Fuente: *Global Mapper*. Consulta: 26 de noviembre de 2016.

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la siguiente tabla, se consideró el área del proyecto como una tierra cultivada en área montañosa con textura de suelo tierra franca arenosa, por lo que el coeficiente de escorrentía adecuado para el área es de 0,52.



Tabla XIII. Valor de escorrentia

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
<b>Bosques</b>			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
<b>Tierras cultivadas</b>			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
<b>Zonas urbanas</b>	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

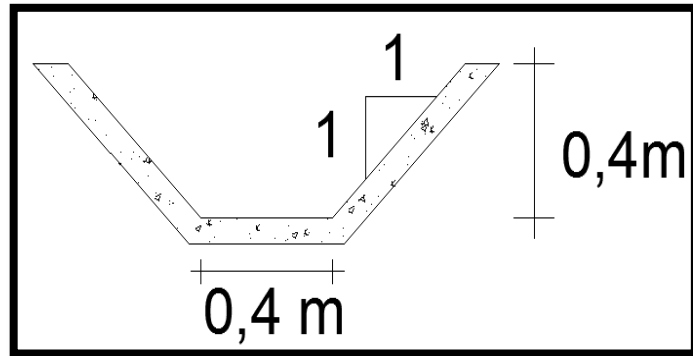
Fuente: *National Engineering Handbook*. p. 89.

$$Q_e = \frac{0,52 \times 6,30 \times 152,50}{360} \rightarrow 1,38 \frac{m^3}{s}$$

Como ya conocemos el caudal de diseño, ahora se debe calcular el caudal que la cuneta propuesta puede transportar. Para esto se utilizará la fórmula de Manning.

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

Figura 16. Predimensionamiento de la cuneta



Fuente: elaboración propia con programa AutoCAD 2014

Donde:

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s

n = rugosidad de la cuneta = 0,016 (concreto revestido)

A = área mojada

R = radio hidráulico

S = pendiente

El área mojada de la cuneta es de 0,32 m<sup>2</sup>. El radio hidráulico es igual a:  
 $(0,4 + 1 \times 0,4) \times 0,4 / (0,4 + 2(0,4) \times ((1+1^2)^{1/2})) = 0,26 \text{ m}$

La pendiente es de 4,0 %

El caudal es:

$$Q = \frac{0,32}{0,016} \times 0,26^{\frac{2}{3}} \times 0,04^{\frac{1}{2}} \rightarrow 1,62 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$
$$Q_{mx} = 1,38 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} < Q_d = 1,62 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow \text{cumple}$$

Como el caudal que puede transportar la cuneta es mayor al caudal de escorrentía máximo, se concluye que el diseño de la cuneta es correcto.

### 2.1.6.3. Drenaje transversal

Son las tuberías que se colocan para aliviar el agua que viene en las cunetas o de arroyos que se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias pues en un tramo en corte, sirven para conducir el agua al otro lado de la carretera. La dimensión de la tubería a colocar se hace por el método de Manning. El drenaje transversal tiene las siguientes partes: caja recolectora de caudal, recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería, muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione, adicional a estas partes, si la pendiente del terreno en corte, es muy fuerte se colocan disipadores de energía al final de la tubería, servirán para que el agua que desfoga, no erosione el suelo y provoque hundimientos.

A continuación se presenta un ejemplo de diseño para la tubería transversal, esta sección típica se coloca a lo largo de la carretera.

El caudal de escorrentía ya lo conocemos; Mientras que  $Q_r$ : será el caudal obtenido de la microcuenca del riachuelo:

$$Q_r = \frac{0,52 \times 152,50 \times 0,90}{360} \rightarrow 0,20 \frac{m^3}{s}$$

Para calcular el diámetro de tubería se utilizará la siguiente fórmula de Manning:

$$D = \left( \frac{Q \times 4^{\frac{5}{3}} \times n}{S^{\frac{1}{2}} \times \pi} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

D = diámetro en metros.

n = rugosidad, por proponer una tubería de concreto el coeficiente es de 0,006.

S = pendiente de la tubería, que será de 0,01.

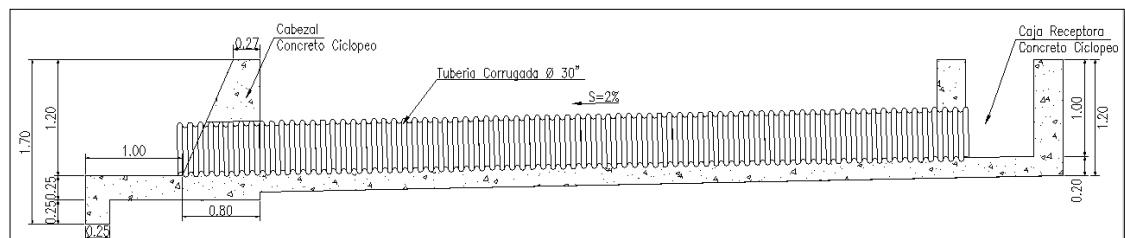
Q = caudal en metros cúbicos sobre segundo.

$$D = \left( \frac{158 \times 4^{\frac{5}{3}} \times 0,006}{0,01^{\frac{1}{2}} \times \pi} \right)^{\frac{3}{8}} \rightarrow 0,639 \text{ m}$$

El diámetro en pulgadas es de:  $0,639 \times 100 / 2,54 = 25,20$  pulgadas

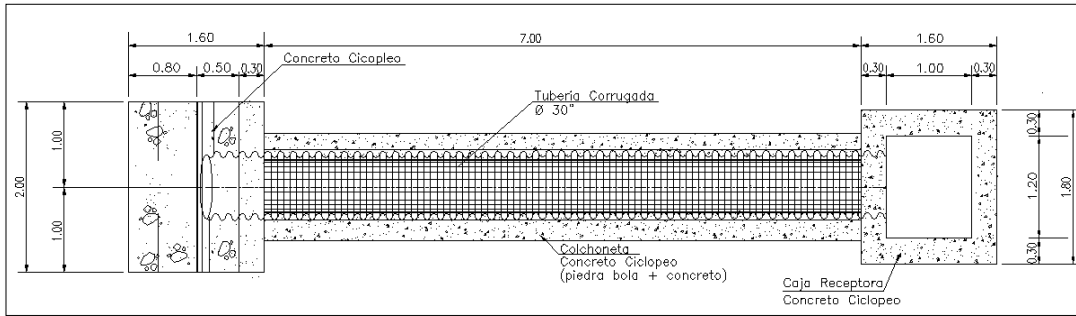
Se recomienda usar como mínimo D = 30".

Figura 17. Sección transversal de alcantarilla



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 18. **Planta de alcantarilla**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## 2.1.7. **Diseño de la estructura del pavimento**

Para este proyecto se diseñó un pavimento rígido y la estructura consta de: subrasante, base, carpeta de rodada y rasante.

### 2.1.7.1. **Determinación de las capas que componen el pavimento**

Para el adecuado funcionamiento de una pavimentación es importante que las características de su base de apoyo sean capaces de contrarrestar las cargas que generaran los vehículos sobre la carpeta de rodadura

#### 2.1.7.1.1. **Capa de sub-base**

Es la primera capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar. Está constituida por una capa de material selecto o

estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante pero en ningún caso menor de 10 cm. ni mayor de 70 cm. Deberá estar libre de vegetales, basura, terrones de arcilla, y/o cualquier otro material que pueda causar fallas en el pavimento.

Su límite líquido debe ser inferior a 35 por ciento y su índice plástico no mayor de 6, el CBR no debe bajar de 15 por ciento. Si la función principal de la Sub-base es servir de capa de drenaje, el material a emplearse debe ser granular, la cantidad de material fino (limo y arcilla) que pase el tamiz número 200 no debe ser mayor del 8 por ciento.

Ya que la calidad de la subrasante es excelente, se procederá a colocar una capa sub-base con el mínimo de espesor de 10 centímetros por estabilidad, drenaje y optimización de costos.

#### **2.1.7.1.2. Capa de base triturada**

Constituye la capa de material selecto que se coloca encima de la sub-base o subrasante; esta capa permite reducir los espesores de carpeta y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas; deberá de transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura y debido a que está en contacto directo con la superficie de rodadura, tendrá que ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión, producidas por el tránsito.

El material que conforma la base debe llenar los requisitos de valor soporte el cual debe tener un CBR mínimo 16, efectuado sobre muestra saturada a 95 por ciento de compactación (AASHTO T-180). El material que

quede retenido en el tamiz No. 4, no debe de tener un desgaste mayor de 50 a 500 revoluciones en la prueba de la AASHTO T-96. Observando la figura 20 se puede concluir que el valor de K para la subrasante es de 600 libras sobre pulgadas cubicas aproximadamente, por lo que se colocará una capa base con el espesor mínimo de 10 centímetros dada la excelente calidad del material de la subrasante.

Aceptar una tolerancia en menos del 2 %, respecto al porcentaje de compactación del 95 % especificado. Los ensayos se deben efectuar como mínimo, a cada 400 metros cuadrados de subrasante reacondicionada.

#### **2.1.7.1.3. Diseño por el método simplificado PCA**

Se diseñó el pavimento rígido con el método de la *Portland Cement Association* PCA, en donde se ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga – eje para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento.

Etapas o pasos del método simplificado:

- Estimar TPDC (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.

- Seleccionar la categoría de carga – eje, según su tabla correspondiente.
- Buscar el módulo de reacción  $k$  según CBR del laboratorio.
- Calcular el módulo de ruptura que es el 15 % del  $f'c$ .
- Encontrar el espesor de losa en la tabla apropiada.
- Tránsito

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito que pasará sobre este. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD o como un valor aparte. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Las tablas del método simplificado están especificadas para un período de diseño de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Si el período de diseño fuera diferente de 20 años se multiplica el TPDC por un factor adecuado.

- Cálculo de espesor del pavimento

Para el cálculo del espesor del pavimento primero se determinó el tránsito promedio diario en ambas direcciones (TPD).



TPD=18 vehículos

Este dato se estableció realizando un conteo del tráfico durante un periodo de 12 horas, como resultado se obtuvo un total de 13 vehículos diarios para un diseño a 20 años.

$$TPD_{20\text{años}} = 18 * (1 + 0,04)^{20} \approx 40 \text{ vehículos}$$

Tabla XIV. **Categoría de carga por eje**

Categoría por carga	Descripción	TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
			%	Por día	Sencillo	Doble
1	Calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 - 800	1-3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, caminos rurales y secundarios (altos*), Arterias principales y	700 - 5000	5-18	40 - 1000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio*)	3,000 - 12,000 en 2 camiles, 3,000 - 50,000 en 4 camiles	8-30	500 - 1000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), Carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a alto*)	3,000 - 20,000 en 2 camiles, 3,000 - 150,000 4 camiles o más	8-30	1,500 - 8,000	34	60

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

Ya que el resultado es una cantidad baja de vehículos la carretera clasificó en la categoría número 1 de la tabla VIII, la que nos indica que el TPDC debe de ser desde  $200 * 0,01 = 2$  hasta  $800 * 0,03 = 24$ . Según el dato obtenida de  $TPD_{20\text{años}} = 13$  el TPDC queda:

$$\text{TPDC} = 200 * 0,01 = 2 \text{ veh\u00edculos}$$

$$\text{TPDC} = 200 * 0,03 = 6 \text{ veh\u00edculos}$$

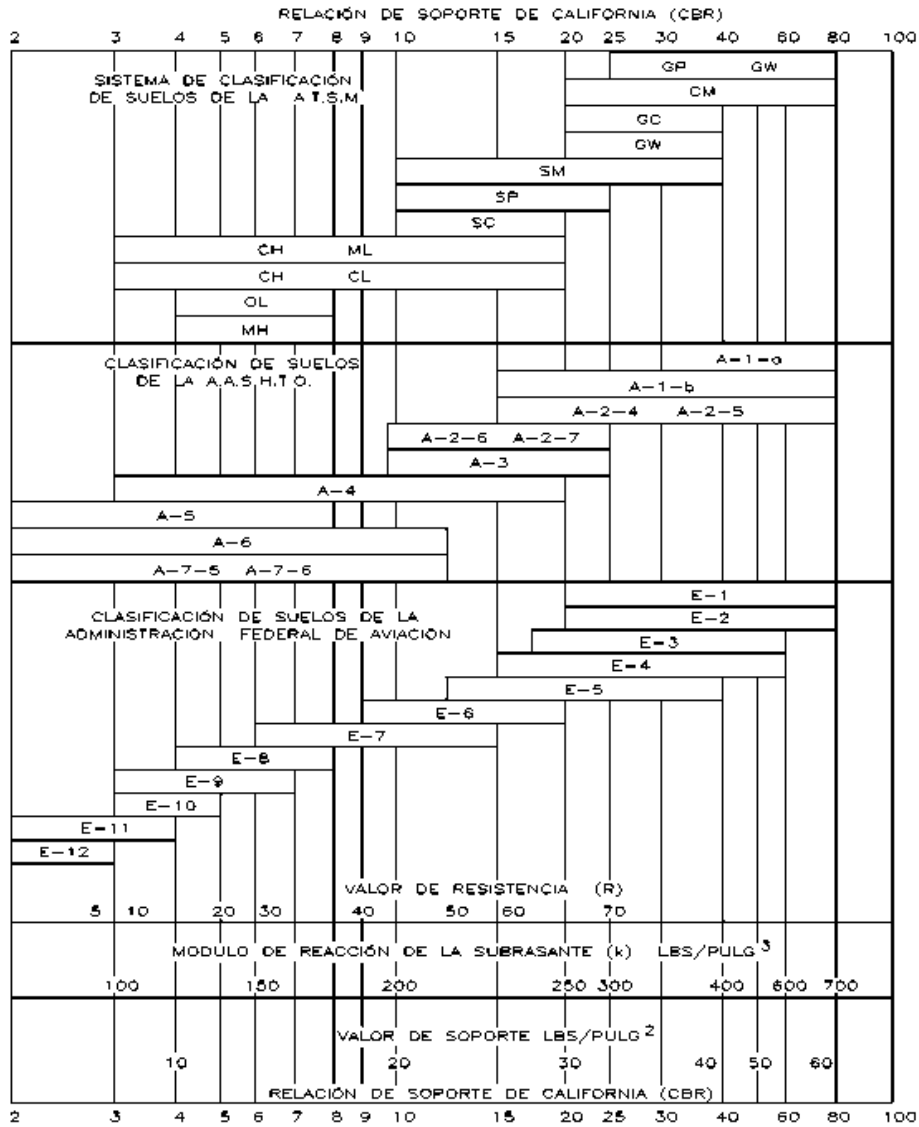
Entonces TPDC ser\u00e1 igual a 6.

Una vez conocida la categor\u00eda a la que pertenece la carretera se encuentra el m\u00f3dulo de reacci\u00f3n k, cuando se usan bases granulares y bases de suelo – cemento.

Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio al 95,30 % de compactaci\u00f3n que es de 32,90 % seg\u00fan estudio de suelos.

Seg\u00fan la siguiente figura y el valor del CBR, el m\u00f3dulo de reacci\u00f3n k es de 350 lbs/pulg<sup>3</sup>.

Figura 19. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte



Fuente: CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. p. 70.

Identificando el módulo de reacción k, se clasifica la subrasante según la siguiente tabla:

Tabla XV. **Tipos de suelos según valores de K**

TIPOS DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE k (PCA)
Suelos de grano fino en los cuales el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 - 220
Sub-bases tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 149

Como el suelo de subrasante tiene un soporte medio de 350 lbs/pulg<sup>3</sup> y se utilizará una base granular, según la tabla siguiente se utilizará un espesor de base de 15 cm (6”), lo que aumenta el valor k de 350 lbs/pulg<sup>3</sup> a 370 lbs/plg<sup>3</sup> por lo que pasa a considerarse un soporte muy alto según la tabla anterior.

Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15 % f’c; el f’c tiene un valor de 4 000 psi y el módulo de ruptura es de 600 psi.

Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15 % f’c; el f’c tiene un valor de 4 000 psi y el módulo de ruptura es de 600 psi.

Tabla XVI. **Valores de k para el diseño sobre bases granulares de PCA**

Valor de k de la sub-rasante lb/plg.	Valores de k sobre la base lb/plg <sup>3</sup>			
	Espesor 4 plg.	Espesor 6 plg.	Espesor 9 plg.	Espesor 12 plg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Espesores de losa según soporte de la subrasante y el módulo de ruptura del concreto**

Concreto sin hombro o bordillo					Concreto con hombros o bordillo					
Espesor de losa Plg.	Soporte Sub-rasante- sub-base				Espesor de losa Plg.	Soporte Sub-rasante- sub-base				
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR= 650 PSI	5.5			5	5		3	9	42	
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	400	6	96	380	970	3 400
	7.5	80	320	840	1 200	6.5	650	1 000	1 400	2 100
	8	490	1 200	1 500		7	1 100	1 900		
	6				11				1	8
MR= 600 PSI	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	450	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1 100	2 100	6.5	160	620	1 500	2 100
	8	590	1 900			7	1 000	1 900		
	8.5	1 900								
	6.5			4	19	5.5			3	17
MR= 550 PSI	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1 100
	8	120	470	1 200		7	210	770	1 900	
	8.5	560	2 200			7.5	1 100			
	9	240								

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 150

La carretera se construirá con hombros, entonces para determinar el espesor de losa para el pavimento se busca en la segunda columna de la tabla anterior con el nombre de concreto con hombros o bordillo, teniendo que el módulo de ruptura es igual a 600 psi y el soporte es muy alto solo faltaría ubicar el valor del TPDC en la columna correspondiente, dicho valor se calculó dando como resultado 2 debiendo de estar entre 2 y 24 según categoría 1. Entonces, se tomará el valor de 23 ubicado en la columna de soporte alto lo que nos indica que la losa debe tener un espesor de 5,5". La medida comercial de costaneras para la construcción es de 6" por lo que se construirá un pavimento con espesor de losa de 6".

Las juntas transversales serán construidas a cada 3,00 metros y la junta longitudinal a cada 2,75 metros, la pendiente de bombeo será de 2 %, así como se indica en los planos.

#### **2.1.8. Diseño de mezcla de concreto**

Para este pavimento se utilizará un concreto con  $f'c = 4\ 000$  psi ( $281\text{ kg/cm}^2$ ) a los 28 días de curado. Para pavimento se recomienda 8 cm de asentamiento. Se utilizará un tamaño máximo del agregado grueso de 3/4".

Según la resistencia requerida y el tamaño del agregado, la tabla XV indica que se debe utilizar una relación agua cemento de 0,49. Conociendo el asentamiento máximo de la mezcla, se obtiene la cantidad de agua por  $\text{m}^3$  de concreto. Para este caso es de  $182\text{ lt/m}^3$ .

Tabla XVIII. Datos para diseño de mezclas (Calculados para 1 m<sup>3</sup> de concreto fresco)

Resistencia media requerida a los 28 días		Tamaño máximo del agregado		Concentración de pasta		Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en centímetros				% de agregado fino			% aire		
Kg./cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	mm.	plg.	W/C	C/W	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	Vol.Abs./Agr.Total			M. F.		
										2,2-2,6	2,6-2,9	2,9-3,2			
140	2000	19.1	3/4	0,65	1,54	165	175	186	197	47	49	51	4,8	4,9	5
		25.4	1	0,65	1,54	157	165	173	181	44	46	48	4,4	4,5	4,6
		38.1	1 1/2	0,65	1,54	154	160	166	193	42	44	46	4	4,1	4,2
175	2500	19.1	3/4	0,6	1,67	165	175	186	197	45	47	49	4,3	4,4	4,5
		25.4	1	0,6	1,67	157	165	173	181	42	44	46	3,7	3,8	3,9
		37.1	5 1/2	0,6	1,67	154	160	166	193	40	42	44	3,3	3,4	3,5
210	3000	19.1	3/4	0,56	1,79	164	171	184	195	44	46	48	3,6	3,7	3,8
		25.4	1	0,56	1,79	156	164	172	180	41	43	45	3	3,1	3,2
		38.1	1 1/2	0,56	1,79	154	160	166	191	39	41	43	2,6	2,7	2,8
246	3500	19.1	3/4	0,52	1,92	164	174	184	195	42	44	46	3,1	3,2	3,3
		25.4	1	0,52	1,92	156	164	172	180	39	41	43	2,3	2,4	2,5
		38.1	1 1/2	0,52	1,92	154	160	166	191	37	39	41	1,9	2	2,1
281	4000	19.1	3/4	0,49	2,04	162	172	182	193	40	42	44	2,6	2,7	2,8
		25.4	1	0,49	2,04	155	163	171	179	37	39	41	2	2,1	2,2
		38.1	1 1/2	0,49	2,04	154	160	166	189	35	37	39	1,6	1,7	1,8
361	4500	19.1	3/4	0,46	2,17	162	172	182	193	38	40	42	2,4	2,5	2,6
		25.4	1	0,46	2,17	155	163	171	179	35	37	39	1,7	1,8	1,9
		38.1	1 1/2	0,46	2,17	154	160	166	189	33	35	37	1,4	1,5	1,6
Uso de piedrín		Uso de arena triturada				Uso de agentes adicionados									
+10 Kg. Agua +2,5 % agregado fino +0,5 % de aire		+5 Kg. Agua 2,2 % arena				Al usar atrapador de aire u otro agente adicional al concreto, debería hacerse correcciones a los datos de la tabla y deberá consultarse al laboratorio.									

Fuente: Laboratorio de materiales, Facultad de Ingeniería, USAC.

$$C_e = \frac{Ag}{0,49} = \frac{182}{0,49} = 371,43 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Con} = \text{Ce} + \text{Agr} + \text{Ag}$$

$$2\,400 \text{ kg/m}^3 = 371,43 \text{ kg/m}^3 + \text{Agr} + 182 \text{ lt/m}^3$$

Como un litro es igual a 1kg de peso

Entonces

$$\text{Agr} = 2\,400 - 371,43 - 182 = 1\,846,57 \text{ kg/m}^3$$

De la tabla del anexo XV al conocer el tamaño del agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ " y la resistencia requerida de 4 000 psi, se obtiene el porcentaje de arena sobre el agregado total que para este caso es de 42 %.

$$\text{A.F.} = 42 \% \quad \text{A.G.} = 58 \%$$

$$\text{A.F.} = 1\,846,57 * 0,42 = 775,56 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A.G.} = 1\,846,57 * 0,58 = 1\,071,01 \text{ kg/m}^3$$

- Proporción en peso:

$$\frac{\text{Ce}}{\text{Ce}} = \frac{\text{A.F.}}{\text{Ce}} = \frac{\text{A.G.}}{\text{Ce}} = \frac{\text{Ag}}{\text{Ce}}$$

$$\frac{371,43}{371,43} = \frac{775,56}{371,43} = \frac{1\,071,01}{371,43} = \frac{182}{371,43}$$

$$1 : 2,09 : 2,88 : 0,49$$

- Proporción en volumen:

$$\frac{371,43}{42,5} = 8,74 \text{ sacos de cemento} = 0,25 \text{ m}^3$$



$$\frac{775,56}{1\ 400} = 0,53\ m^3\ de\ arena$$

$$\frac{1\ 071,01}{1\ 600} = 0,69\ m^3\ de\ piedrin\ de\ \frac{3''}{4}$$

$$\frac{182}{3,785} = 48.08\ Galones\ de\ agua = 0,182\ m^3$$

$$\frac{0,25}{0,25} = \frac{0,53}{0,25} = \frac{0,69}{0,25} = \frac{0,182}{0,25}$$

$$1 : 2,12 : 2,76 : 0,73$$

Tabla XIX. Presupuesto

<b>PAVIMENTACION DE CARRETERA</b>					
DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.					
SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA.					
LONGITUD 6+246.58 m.					
<b>CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO</b>					
No.	REGLÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTOREGLÓN
1	Levantamiento topografico para construcción	km	6,25	Q3 780,00	Q 23 625,00
2	Excavación no clasificada de desperdicio	m <sup>3</sup>	133 499,62	Q 38,04	Q 5 078 325,54
3	Excavación no clasificada	m <sup>3</sup>	10 514,79	Q 179,48	Q 1 887 194,51
4	Excavación estructural para alcantarillas	m <sup>3</sup>	360,00	Q 23,70	Q 8 532,00
5	Base de material selecto ( t=0,10 metros ).	m <sup>3</sup>	4 372,55	Q 248,52	Q 1 086 666,13
6	Pavimento de concreto ( t= 0,15 metros ).	m <sup>2</sup>	6 558,83	Q 431,92	Q 2 832 887,69
7	Alcantarillas de tubería corrugada	m.l.	192,00	Q2 598,37	Q 498 887,04
8	Cajas y cabezales para alcantarillas	m <sup>3</sup>	648,00	Q1 307,00	Q 846 936,00
9	Cunetas revestidas de concreto	m.l.	12 500,00	Q 284,18	Q 3 552 250,00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q15 815 303,91</b>
<b>EL COSTO ES DE: QUINCE MILLONES OCHOCIENTOS QUINCE MIL TRESCIENTOS TRES QUETZALES CON NOVENTA Y UNO CENTAVOS.</b>					

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.8.1. Integración de costos unitarios

Esta es la fase en la que se establece las cantidades de materiales y costos unitarios de cada uno de los renglones de trabajo y sirve para detectar actividades indirectas del proceso constructivo no incluidas en los planos. Por ejemplo, actividades preliminares como bodegas, oficina y letrinas y actividades finales como limpieza, mantenimiento y desmontaje. La cuantificación es uno de los pilares fundamentales para la elaboración de un presupuesto acertado.

Tabla XX. **Cantidades de materiales y costos unitarios**

INTEGRACIÓN DE COSTOS UNITARIOS					
		PROGRAMA:		EPS	
PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D		CÓDIGO PROYECTO:		
	ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA				
UBICACIÓN:	MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.		FECHA OFERTA:	Marzo del 2,015	
DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Levantamiento topografico para construcción		km	6,25	Q 3 780,00	Q 23 625,00
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Replanteo de la linea central		km	1	Q 2 500,00	Q 2 500,00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 2 500,00</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 2 500,00
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				%	Q 875,00
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					Q 3 375,00
IVA				12%	Q 405,00
<b>TOTAL</b>					<b>Q 3 780,00</b>

Continuación de la tabla XX.

		PROGRAMA:	EPS		
PROYECTO:	DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D		CÓDIGO PROYECTO:		
	ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA				
UBICACIÓN:	MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.		FECHA OFERTA:	Marzo del 2,015	
DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación no clasificada de desperdicio		m <sup>3</sup>	133 499,62	Q 38,04	Q 5 078 325,54
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tractor de cadenas D6R	280m <sup>3</sup> /día	hrs.	0,03	Q 350,00	Q 10,00
camión de volteo	280m <sup>3</sup> /día	hrs.	0,03	Q 100,00	Q 2,86
Motoniveladora	1400m <sup>2</sup> /día	hrs.	0,02	Q 250,00	Q 4,29
camión cisterna	1400m <sup>2</sup> /día	hrs.	0,02	Q 100,00	Q 1,71
rodo vibratorio	1400m <sup>2</sup> /día	hrs.	0,02	Q 175,00	Q 3,00
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q 21,86
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q 19,52
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tractor de cadenas D6R		hrs	0,03	Q 28,00	Q 0,80
2 peones		hrs	0,12	Q 21,66	Q 2,60
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					Q 3,40
			PRESTACIONES	%	Q 2,24
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 5,64</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 25,16
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				%	Q 8,81
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					Q 33,96
IVA				12%	Q 4,08
TOTAL					Q 38,04

Continuación de la tabla XX.

		PROGRAMA:	<b>EPS</b>		
PROYECTO:	<b>DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D</b>	CÓDIGO PROYECTO:			
	<b>ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA</b>				
UBICACIÓN:	<b>MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo del 2,015</b>		
DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación no clasificada		m <sup>3</sup>	10 514,79	Q 179,48	<b>Q 1 887 194,51</b>
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tractor de cadenas D6R	280m3/día	hrs.	0,03	Q 350,00	Q 10,00
Camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 100,00	Q 2,86
Motoniveladora 140 HP	40m3/día	hrs.	0,20	Q 250,00	Q 50,00
Vibrocompactadora 80 HP	40m3/día	hrs.	0,20	Q 175,00	Q 35,00
Pipa regadora 1000 galones	80m3/día	hrs.	0,10	Q 100,00	Q 10,00
Total de Equipo y maquinaria con IVA					<b>Q 107,86</b>
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					<b>Q 96,30</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Operador de tractor de cadenas D6R		hrs	0,03	Q 28,00	Q 0,80
Operador de camión		hrs	0,03	Q 15,00	Q 0,43
Operador de motoniveladora 140 HP		hrs	0,20	Q 15,00	Q 3,00
Operador de vibrocompactadora 80 HP		hrs	0,20	Q 28,00	Q 5,60
Operador de pipa regadora 1000 galones		hrs	0,10	Q 15,00	Q 1,50
2 peones		hrs	0,10	Q 21,66	Q 2,17
					<b>Q 13,49</b>
			PRESTACIONES	%	Q 8,91
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 22,40</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 118,70
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):					% Q 41,55
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					<b>Q 160,25</b>
IVA					12% Q 19,23
<b>TOTAL</b>					<b>Q 179,48</b>

Continuación de la tabla XX.

		PROGRAMA:	<b>EPS</b>		
PROYECTO:	<b>DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D</b>	CÓDIGO PROYECTO:			
	<b>ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA</b>				
UBICACIÓN:	<b>MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo del 2,015</b>		
DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación estructural para alcantarillas		m³	360,00	Q 23,70	<b>Q 8 532,00</b>
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 350,00	Q 10,00
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 100,00	Q 2,86
Total de Equipo y maquinaria con IVA					<b>Q 12,86</b>
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					<b>Q 11,48</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador de excavadora		hrs	0,03	Q 28,00	Q 0,80
operador de camión		hrs	0,03	Q 15,00	Q 0,43
2 peones		hrs	0,06	Q 21,66	Q 1,30
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					<b>Q 2,53</b>
				PRESTACIONES	%
					Q 1,67
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 4,20</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 15,68
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				%	Q 5,49
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					<b>Q 21,16</b>
IVA				12%	Q 2,54
<b>TOTAL</b>					<b>Q 23,70</b>

Continuación de la tabla XX.

PROGRAMA:		<b>EPS</b>			
PROYECTO:	<b>DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D</b>	CÓDIGO PROYECTO:			
	<b>ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA</b>				
UBICACIÓN:	<b>MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo del 2,015</b>		
DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Base de material selecto ( t=0,10 metros ).		m <sup>3</sup>	4 372,55	Q 248,52	<b>Q 1 086 666,13</b>
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Material Selecto		m3	1	Q 150,00	Q 150,00
Total de materiales con IVA					<b>Q 150,00</b>
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA					<b>Q 133,93</b>
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 350,00	Q 10,00
Motoniveladora	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 250,00	Q 5,00
camión cisterna	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 160,00	Q 3,20
vibrocompactadora	1400m2/día	hrs.	0,02	Q 175,00	Q 3,50
camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 100,00	Q 3,00
Total de Equipo y maquinaria con IVA					<b>Q 24,70</b>
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					<b>Q 22,05</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador excavadora		hrs	0,03	Q 28,00	Q 0,84
operadora de camino		hrs	0,03	Q 15,00	Q 0,45
operador de motoniveladora		hrs	0,02	Q 15,00	Q 0,30
operador de cisterna		hrs	0,02	Q 15,00	Q 0,30
operadora de vibrocompactadora		hrs	0,02	Q 28,00	Q 0,56
2 peones		hrs	0,12	Q 21,66	Q 2,60
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					<b>Q 5,05</b>
			PRESTACIONES	%	Q 3,33
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 8,38</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 164,36
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				%	Q 57,53
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					<b>Q 221,89</b>
IVA				12%	Q 26,63
<b>TOTAL</b>					<b>Q 248,52</b>

Continuación de la tabla XX.

PROYECTO:	<b>DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>		
	<b>ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA</b>	CÓDIGO PROYECTO:			
UBICACIÓN:	<b>MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo del 2,015</b>		
DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Pavimento de concreto ( t= 0,15 metros ).		m²	6 558,83	Q 431,92	<b>Q 2 832 887,69</b>
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
cemento		sacos	1,70	Q 100,00	Q 169,50
grava		m3	0,10	Q 200,00	Q 19,20
arena		m3	0,07	Q 150,00	Q 10,80
aditivos		gls.	0,04	Q 310,00	Q 11,63
antisol		gls	0,1	Q 90,00	Q 9,00
costanera 6"		unidad	0,05	Q 350,00	Q 17,50
Total de materiales con IVA					<b>Q 237,63</b>
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA					<b>Q 212,17</b>
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
planta central	420m3/día	hrs.	0,02	Q 1 200,00	Q 22,86
cargador	420m3/día	hrs.	0,02	Q 380,00	Q 7,24
equipo de lab.	420m3/día	hrs.	0,02	Q 50,00	Q 0,95
Extendedora(finisher)	420m3/día	hrs.	0,04	Q 850,00	Q 32,38
5 camión de volteo	280m3/día	hrs.	0,03	Q 160,00	Q 4,57
Texturizadora	2800m2/día	hrs.	0,01	Q 380,00	Q 3,80
Bomba espesora	2800m2/día	hrs.	0,01	Q 5,00	Q 0,05
Total de Equipo y maquinaria con IVA					<b>Q 71,85</b>
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					<b>Q 64,15</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
operador de extendedora		hrs	0,02	Q 40,00	Q 0,80
3 ayudante de extendedora		hrs	0,06	Q 18,00	Q 1,08
5 operador de camion de volteo		hrs	0,15	Q 25,00	Q 3,75
6 ayudante (alisado)		hrs	1,2	Q 95,00	Q 114,00
operador de texturizadora		hrs	0,01	Q 40,00	Q 0,40
2 ayudantes de texturizadora		hrs	0,01	Q 18,00	Q 0,18
operador de bomba		hrs	0,01	Q 25,00	Q 0,25
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					<b>Q 5,63</b>
				PRESTACIONES	%
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 3,72</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 9,35</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 285,66
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				%	Q 99,98
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					<b>Q 385,64</b>
IVA				12%	Q 46,28
<b>TOTAL</b>					<b>Q 431,92</b>

Continuación de la tabla XX.

		PROGRAMA:	<b>EPS</b>		
PROYECTO:	<b>DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D</b>	CÓDIGO PROYECTO:			
	<b>ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA</b>				
UBICACIÓN:	<b>MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo del 2,015</b>		
DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Alcantarillas de tubería corrugada		m.l.	192,00	Q 2 598,37	<b>Q 498 887,04</b>
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
tubería corrugada para drenaje 24"		unidad	0,17	Q 10 500,00	Q 1 750,00
Total de materiales con IVA					<b>Q 1 750,00</b>
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA					<b>Q 1 562,50</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
colocado de tubería		m.l.	1	Q 75,00	Q 75,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					<b>Q 75,00</b>
				AYUDANTE	Q 31,50
				PRESTACIONES	Q 49,50
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 156,00</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 1 718,50
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):					Q 601,48
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					<b>Q 2 319,98</b>
IVA				12%	Q 278,40
<b>TOTAL</b>					<b>Q 2 598,37</b>



Continuación de la tabla XX.

		PROGRAMA:	<b>EPS</b>		
PROYECTO:	<b>DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE D</b>	CÓDIGO PROYECTO:			
	<b>ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA</b>				
UBICACIÓN:	<b>MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO.</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo del 2,015</b>		
DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
Cajas y cabezales para alcatarillas	m³	648,00	Q 1 307,00	<b>Q 846 936,00</b>	
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
cemento	sacos	6,37	Q 100,00	Q 637,00	
arena	m³	0,36	Q 150,00	Q 54,00	
grava	m³	0,36	Q 200,00	Q 72,00	
pidra bola	m³	0,35	Q 250,00	Q 87,50	
medera	tabla	2,00	Q 55,00	Q 110,00	
clavo	lb	1,25	Q 5,00	Q 6,25	
Total de materiales con IVA				<b>Q 966,75</b>	
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				<b>Q 863,17</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
formaleta y fundición	m²	0,01	Q 50,00	Q 0,50	
desencofrado	m²	0,02	Q 5,00	Q 0,10	
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 0,60</b>	
			AYUDANTE	%	Q 0,25
			PRESTACIONES	%	Q 0,40
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1,25</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):				Q 864,42	
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				% Q 302,55	
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 1 166,96</b>	
IVA				12% Q 140,04	
<b>TOTAL</b>				<b>Q 1 307,00</b>	



Tabla XXI. **Cronograma de ejecución física y financiera**

DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE ALDEA SAJCAVILLÁ HACIA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.								
CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA Y FINANCIERA								
ACTIVIDAD		MESES						
		1	2	3	4	5	6	7
COMPRA DE MATERIALES	COSTO							
Levantamiento topografico para construcción	Q 23 625,00	Q 23 625,00						
Excavación no clasificada de desperdicio	Q 5 078 325,54	Q 1 692 775,18	Q1 692 775,18	Q 1 692 775,18				
Excavación no clasificada	Q 1 887 194,51		Q 629 064,84	Q 629 064,84	Q 629 064,84			
Excavación estructural para alcantarillas	Q 8 532,00	Q 2 844,00	Q 2 844,00	Q 2 844,00				
Base de material selecto ( t=0,10 metros ).	Q 1 086 666,13				Q 362 222,04	Q 362 222,04	Q 362 222,04	
Pavimento de concreto ( t= 0,15 metros ).	Q 2 832 887,69					Q 944 295,90	Q 944 295,90	Q 944 295,90
Alcantarillas de tubería corrugada	Q 498 887,04	Q 166 295,68	Q 166 295,68	Q 166 295,68				
Cajas y cabezales para alcantarillas	Q 846 936,00		Q 282 312,00	Q 282 312,00	Q 282 312,00			
Cunetas revestidas de concreto	Q 3 552 250,00					Q 1 184 083,33	Q 1 184 083,33	Q 1 184 083,33
Total	Q15 815 303,91	Q 1 885 539,86	Q2 773 291,70	Q2 773 291,70	Q 1 273 598,88	Q 2 490 601,27	Q 2 490 601,27	Q2 128 379,23

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10. Estudio de impacto ambiental

La construcción de carreteras, al igual que cualquier actividad realizada por el hombre en la naturaleza, provoca un impacto en las características ambientales ya sean físicos, biológicos o de carácter social, lo que hace necesario realizar un Estudio o Evaluación de Impacto Ambiental según lo requiera el caso.

### 2.1.11. Principios de evaluación

Actualmente, de acuerdo con las leyes es posible realizar dos tipos de estudios de impacto ambiental los cuales pueden ser: impacto ambiental no significativo o evaluación rápida e impacto ambiental significativo o evaluación general.

### **2.1.12. Impacto ambiental no significativo**

Este se realizará por medio de una visita de observación al sitio propuesto, por parte de técnicos en la materia aprobados por el Ministerio de Ambiente. El criterio debe basarse en proyectos similares según su tamaño, localización e indicadores que se crean correctos.

### **2.1.13. Impacto ambiental significativo**

Estas evaluaciones pueden realizarse en dos fases:

La fase preliminar o de factibilidad: la cual debe contar con los datos generales del proyecto así como los principales impactos y medidas de mitigación, los sistemas de disposición de desechos, plan de contingencia, y otros datos que se consideren pertinentes.

Fase completa: la cual generalmente se aplica a proyectos con grandes impactos y debe ser un estudio, lo más completo posible el cual además de lo establecido con anterioridad deberá responder a interrogantes como: ¿Qué sucederá al medio ambiente como resultado de la ejecución del proyecto?, ¿Cuál es el alcance de los cambios que sucedan? Y otras interrogantes acerca del proyecto.

Tabla XXII. **Ejemplo de Evaluación de Impacto Ambiental**

<b>Información del proyecto</b>		
<b>Nombre de la comunidad:</b>	Aldea Sajcavillá	
<b>Municipio:</b>	San Juan Sacatepéquez	
<b>Departamento:</b>	Guatemala	
<b>Tipo de proyecto:</b>		Pavimentación de carretera
<b>Consideraciones especiales:</b>		Solamente las tomadas en campo y en escritorio para el diseño del proyecto
<b>Consideraciones de áreas protegidas:</b>		
¿Se ubica el proyecto dentro de un área protegida legalmente establecida?		NO
Nombre del área protegida:		NO aplica
Categoría de manejo del área protegida:		NO aplica
Base legal de la declaratoria del área protegida		NO aplica
Ente administrador del área protegida		NO aplica
Ubicación del proyecto dentro de la zonificación del área protegida		No se encuentra dentro de zonas protegidas
Por la ubicación del proyecto dentro de áreas protegidas del SIGAP:		Este proyecto no requiere de un estudio de impacto ambiental
<b>Consideraciones sobre ecosistemas naturales</b>		
¿Cruza el proyecto un ecosistema terrestre natural?		NO
¿Estado actual del ecosistema?		NO aplica
<b>Otras Consideraciones</b>		
Zona de alto valor escénico		NO
área turística		NO
Sitio ceremonial		NO
Sitio arqueológico		NO
Área de protección agrícola		NO
Área de asentamiento humano		NO
Área de producción forestal		NO
Área de producción pecuaria		NO

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario, para aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez, Guatemala**

Se denomina alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usadas para el transporte de aguas residuales o servidas desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

Consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, para un sector cercano a la cabecera municipal, con una longitud total de 1 526,72 metros, con base en especificaciones técnicas del Instituto de Fomento Municipal (Infom), para un período de diseño de 22 años.

El sistema de alcantarillado sanitario está integrado por 38 pozos de visita, la tubería es de PVC con un diámetro de 8”, la cantidad de usuarios integrados al sistema es de 3 486 actualmente.

### **2.2.2. Estudios preliminares**

Los estudios preliminares son aquellos que permiten reconocer el terreno para poder recabar toda aquella información, datos y antecedentes necesarios para poder definir los diseños y procedimientos del proyecto.

#### **2.2.2.1. Estudio topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita, y en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia.

#### **2.2.2.1.1. 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. Para este caso se aplicó el método de conservación de *azimut*, utilizando una estación total marca Nikon DTM-322, estatal, brújula, prismas y plomadas metálicas.

#### **2.2.2.1.2. Altimetría**

Estudio a través del cual se representan las alturas de los puntos observados, referidos a un banco de marca o sobre el nivel del mar, con lo que se definen las pendientes del terreno necesarias en el diseño. Para este proyecto se aplicó el método de nivelación directa con la utilización de una estación total marca Nikon DTM-322, estatal telescópico de aluminio de 4 metros, cinta métrica, estacas, clavos y pintura.

### **2.2.3. Partes de un alcantarillado**

Son aquellos componentes que conforman un alcantarillado sanitario.

#### **2.2.3.1. Colector**

Es el conducto principal, ubicado en el centro de las calles. Transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta el cuerpo receptor. Para dicho proyecto se utilizarán secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC. El trayecto es subterráneo.

### **2.2.3.2. Pozo de visita**

Los pozos de visita son 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:

- En todas las intercepciones de colectores.
- Al comienzo de todo colector.
- En todo cambio de sección o diámetro.
- En todo cambio de dirección, y el colector no es visible interiormente, y en todo colector visitable que forme un ángulo menos de 120 grados.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros.
- En intersecciones de dos o más tuberías.

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura de 0,85 m. El marco descansa sobre las paredes que se ensanchan con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla, la profundidad es variable y las paredes serán construidas de ladrillo, aunque pueden ser en otros casos de barro cocido, cuando son pequeños o de concreto armado. El piso de los pozos de visita será de concreto armado, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal o a los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.



### **2.2.3.3. Conexiones domiciliarias**

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, es costumbre establecer y dejar previsto 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.

### **2.2.4. Período de diseño**

El período de diseño de un sistema de alcantarillado, es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable, pudiendo proyectarlo para realizar su función en un período de 20 a 40 años, a partir de la fecha que se realice el diseño, y tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinar por normas del INFOM.

Aunque por lo general el período de diseño es un criterio que adopta el diseñador según sea la conveniencia del proyecto, se da un margen de 2 años adicionales por motivo de gestión para obtener el financiamiento e iniciar la construcción del mismo; por lo tanto, el período de diseño del sistema de drenaje sanitario será de 22 años, tomando en cuenta las normas de instituciones como la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) y la Oficina Panamericana de la Salud (OPS).

## **2.2.5. Población futura**

Se calculó utilizando el método geométrico.

### **2.2.5.1. Método Geométrico**

La estimación futura de la población se realizó a través del método geométrico; para ello se aplicó una tasa del 3.95 % anual, dato proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) con el Censo Nacional de Población 2002, para la aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez.

Con estos datos proporcionados:

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

Donde:

$$Pf = 2\ 891 (1+0.0395)^{22} = 6\ 679$$

Pf = población futura

R = tasa de crecimiento = 3,95 %

Po = población inicial = 2 891 habitantes

n = Periodo de diseño = 22 años

## **2.2.6. Determinación de caudales**

La misma se realiza para determinar las necesidades requeridas por la población y cumplir la demanda.

### **2.2.6.1. Población tributaria**

En sistemas de alcantarillados sanitarios, es la población que tributaría caudales al sistema, se calcula con los métodos de estimación de población futura, generalmente, empleados en ingeniería sanitaria.

La población tributaria por casa se calculó con base al número de habitantes multiplicado por el número total de casas a servir actualmente.

### **2.2.6.2. Dotación de agua potable**

La dotación está relacionada íntimamente con la demanda que necesita una población específica para satisfacer las necesidades primarias. Esto significa que dotación, es la cantidad de agua que necesita un habitante en un día, para satisfacer sus demandas biológicas. Es por esta razón que la dimensional de la dotación viene dada en litros/habitante/día.

La dotación está en función de la categoría de la población que será servida, y varía de 50 a 300 l/h/d.

- Municipalidades de 1a categoría: 250-300 l/h/d
- Municipalidades de 2a categoría: 90 l/h/d
- Municipalidades de 3a a 4a categoría: 50 l/h/d

En este caso la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez es de 2ª categoría.

### **2.2.6.3. Factor de retorno al sistema**

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

Factor de retorno a utilizar = 0,80.

### **2.2.6.4. Caudal domiciliar**

Lo constituye el agua que ha sido utilizada para actividades como la limpieza de alimentos, el aseo personal, etc. Y que es conducida a la red de alcantarillado. Este tipo de caudal se relaciona directamente con la dotación de agua potable.

El caudal domiciliar se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(\text{Dotación} * \text{No. de Habitantes} * \text{Factor de retorno})}{86\ 400} = \text{L/s}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(90 \text{ litros/hab/día} * 6\ 779 \text{ Habitantes} * 0,80)}{86\ 400} = 5,65 \text{ L/s}$$

### **2.2.6.5. Caudal industrial**

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

#### **2.2.6.6. Caudal comercial**

Es el agua que ha sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, etc. Debido a que en el lugar no hay ningún comercio de este tipo no se consideró.

#### **2.2.6.7. Caudal por conexiones ilícitas**

Este se da porque las viviendas no cuentan con un sistema de alcantarillado pluvial, por lo que algunos pobladores conectan las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario.

Existen varios métodos para la estimación de este caudal, siendo estos: el método racional, las normas de la Asociación de Ingenieros Sanitarios de Colombia y las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Debido a la poca información que cuenta la región se optó por utilizar el 10 % del caudal domiciliar, como lo especifica la norma del INFOM, dadas las características de la población.

$$Q_{\text{ilícito}} = 10 \% * Q_{\text{dom}} = L/s$$

$$Q_{\text{ilícito}} = 10 \% * 5,65 L/s = 0,57 L/s$$

#### **2.2.6.8. Caudal por infiltración**

Por ser el material a utilizar de PVC, este no permite que se infiltre agua de ningún tipo, no se considera este caudal en el diseño.

### 2.2.6.9. Caudal medio o sanitario

Es la suma de todos los caudales provenientes de las industrias, comercios, viviendas, conexiones ilícitas e infiltración, descartando todo aquel caudal que no contribuya al sistema.

$$Q_{\text{medio}} = 5,65 \text{ L/s} + 0,57 \text{ L/s} = 6,22 \text{ L/s}$$

### 2.2.6.10. Factor de caudal medio

Se obtiene de la relación entre el caudal medio, y el número de habitantes futuros incluidos en el sistema.

Este factor debe estar en el rango de 0,002 a 0,005, según INFOM, de lo contrario debe aproximarse al más cercano.

$$f_{\text{qm}} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{No. de Habitantes}}$$

$$f_{\text{qm}} = \frac{6,22 \text{ L/s}}{6\ 779 \text{ Habitaantes}} = 0,00091 \rightarrow \text{Utilizar } 0,002$$

### 2.2.6.11. Factor de Harmond

Incrementa el caudal debido a la posibilidad que en determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema, lo cual congestionaría el flujo del agua. También es denominado factor instantáneo. Es adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{\text{No. Habitantes}}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{\text{No. Habitantes}}{1000}}}$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{6779 \text{ Habitantes}}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{6779 \text{ Habitantes}}{1000}}} = 3,12$$

### 2.2.6.12. Caudal de diseño

Se obtiene de multiplicar el factor de Harmond con el factor de caudal medio y el número de habitantes, expresado mediante la siguiente ecuación:

$$q_{\text{diseño}} = FH * f_{\text{medio}} * \text{No. de Habitantes} = \text{l/s}$$

$$q_{\text{diseño}} = 3,12 * 0,002 * 6779 \text{ Habitantes} = 42,30 \text{ l/s}$$

### 2.2.7. 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 sanitario, 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.

### 2.2.7.1. Ecuación de Manning para flujo en 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:

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

Donde:

V = velocidad en m/s

D = diámetro de tubería en pulgadas (8" de diámetro)

S = pendiente del terreno

n = coeficiente de rugosidad, depende del tipo de material de la tubería, en este caso n=0,01 por ser PVC

$$V = \frac{0,03429 * 8^{\frac{2}{3}} * 0,14^{\frac{1}{2}}}{0,01} = 2,86 \text{ m/s}$$



### 2.2.7.2. Relaciones hidráulicas

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

$$Q_{\text{secllena}} = V * 0.0005067 * \emptyset^2 * 1000$$

Donde:

$V$  = Velocidad

$\emptyset$  = Diámetro en pulgadas

Ejemplo:

$$Q_{\text{secllena}} = 2,86 \text{ m/s} * 0,0005067 * 8^2 * 1000 = 92,74 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{diseño}} = 42,30 \text{ L/s} < Q_{\text{secllena}} = 92,74 \text{ l/s}$$

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

Relación  $d/D$ : relación entre 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  $0,10 \leq d/D \leq 0,75$ .

Según las tablas la relación d/D actual es de 0,190, por lo que está dentro del rango permisible por las normas del INFOM.

### 2.2.8. Parámetros de diseño hidráulico

Son necesarios para diseñar de forma adecuada, la red de alcantarillado a utilizar y las características para la colocación.

#### 2.2.8.1. Coeficiente de rugosidad

La fabricación de tuberías para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, cada vez es realizada por más y más empresas, teniendo que realizar pruebas actualmente que determinen un factor para establecer cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería. Manejando parámetros de rugosidad para diferentes materiales y diámetros, ya estipulados por instituciones que regula la construcción de alcantarillados sanitarios.

Tabla XXIII. Factores de rugosidad

<b>MATERIAL</b>	<b>FACTOR DE RUGOSIDAD</b>
Superficie de mortero de cemento	0.011 - 0.013
Mampostería	0.017 - 0.030
Tubo de concreto diámetro menor de 24"	0.011 - 0.016
Tubo de concreto diámetro mayor de 24"	0.013 - 0.018
Tubo de asbesto cemento	0.009 - 0.011
Tubería de PVC	0.006 - 0.011
Tubería de hierro galvanizado	0.013 - 0.015

Fuente: MOST, Robert. *Mecánica de fluidos*. p. 358.

Por ser tubería de PVC en este proyecto se utilizó un factor de rugosidad de 0,01.

### **2.2.8.2. Sección llena y parcialmente llena**

El principio fundamental de un sistema de alcantarillado sanitario, como se ha mencionado con anterioridad, es que funcionan como canales abiertos (sección parcial) y nunca funcionan a sección llena.

En consecuencia, el caudal de diseño jamás será mayor que el caudal a sección llena.

El caudal que transportará el tubo a sección llena, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q=V*0,0005067*\emptyset^2*1\ 000 = l/s$$

Donde:

Q = caudal en s

V = velocidad en m/s

$\emptyset$  = diámetro de tubería en pulgadas

Ejemplo:

$$Q_{sección\ llena}=2,86\ m/s*0,0005067*8^2*1\ 000=92,74\ l/s$$

### 2.2.8.3. Velocidad máxima y mínima

Las normas generales para diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal, establecen el rango de velocidades permisibles siguientes, para diseño de drenaje sanitario.

Tubería de concreto:

- Velocidad máxima con el caudal de diseño, 3,00 m/s
- Velocidad mínima con el caudal de diseño, 0,60 m/s
- Velocidades según el fabricante, 0,4 m/s hasta 3 m/s. Sin embargo, las especificaciones del fabricante de tuberías recomiendan velocidades de hasta 5,00 m/s como máximo, este fue considerado para el diseño de los alcantarillados.

El cálculo de la velocidad mínima es para evitar la sedimentación de materiales sólidos y obtener la auto limpieza en la tubería. Mientras que el cálculo de la velocidad máxima es para evitar que ocurra la acción abrasiva de las partículas sólidas transportadas por las aguas residuales.

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

Donde:

V = velocidad en m/s

D = diámetro de tubería en pulgadas (8" de diámetro)

S = pendiente del terreno

n = coeficiente de rugosidad, depende del tipo de material de la tubería, en este caso n=0.03 % por ser PVC

Ejemplo:

$$V = \frac{0,03429 * 8^{\frac{2}{3}} * 0,14^{\frac{1}{2}}}{0,03 \%} = 1,71 \text{ m/s}$$

Se encuentra dentro del rango establecido para este proyecto.

#### **2.2.8.4. Diámetro colector**

El diámetro de la tubería es una de las partes a calcular y se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las Normas del INFOM, indican que el diámetro mínimo a colocar para sistemas sanitarios será de 8", en el caso de tubería de concreto, y de 6" para tubería de PVC. En este proyecto se utilizará tubería PVC de 8".

Para conexiones domiciliarias, se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto, y 4" para tubería de PVC. En este proyecto se utilizará una tubería de 4" de PVC, llegando a una tubería de 12" de concreto. La tubería de 4" forma un ángulo de 45° en el sentido de la corriente del colector principal.

#### **2.2.8.5. Profundidad del colector**

La profundidad de la línea principal o colector, se dará en función de la pendiente del terreno, la velocidad del flujo, el caudal transportado y el tirante hidráulico. Así mismo, se debe tomar en cuenta que se debe considerar una

altura mínima que permita proteger el sistema de las cargas de tránsito, de las inclemencias del tiempo y de los accidentes fortuitos.

#### **2.2.8.6. Profundidad mínima de colector**

La profundidad mínima de los colectores depende de los aspectos ya mencionados. Además se debe considerar el tipo de tránsito, ya sea liviano o pesado, al cual se podría someter dicho colector. A continuación, algunas profundidades mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior externa de la tubería, en cualquier punto de la extensión.

Tabla XXIV. **Profundidad mínima en tubería**

<b>DIÁMETRO</b>	<b>8"</b>	<b>10"</b>	<b>12"</b>	<b>16"</b>	<b>18"</b>	<b>21"</b>	<b>24"</b>	<b>30"</b>	<b>36"</b>
Tránsito normal	1,20m	1,25m	1,35m	1,40m	1,50m	1,60m	1,65m	1,85m	2,00m
Tránsito pesado	1,40m	1,45m	1,55m	1,50m	1,70m	1,80m	1,85m	2,05m	2,20m

Fuente: INFOM Normas de alcantarillado sanitario, p. 43.

Por ser tránsito normal en el área de Sajcavillá, y se utilizó solamente tubería de 8", la tubería tendrá una profundidad de 1,20m.

#### **2.2.8.7. Ancho de zanja**

Para alcanzar la profundidad donde se encuentra el colector, se deben hacer excavaciones a cada cierta distancia (pozos de visita), en la dirección que se determinó en la topografía de la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundidad requerida por la tubería que se

va a usar. Se presenta a continuación una tabla que muestra anchos de zanjas aconsejables, en función del diámetro y de las alturas a excavar.

Tabla XXV. **Ancho de zanja según profundidad del colector**

DIÁMETRO	ANACHO DE ZANJA (m) PARA PROFUNDIDADES		
	Hasta 2,00m	2,00m a 4,00m	4,00m a 6,00m
4"	0,50	0,60	0,70
6"	0,55	0,65	0,75
8"	0,60	0,70	0,80
10"	0,70	0,80	0,80
12"	0,80	0,80	0,80
15"	0,90	0,90	0,90
18"	1,00	1,00	1,10
24"	1,10	1,10	1,35

Fuente: INFOM *Normas de alcantarillado sanitario*. p. 44.

Para este proyecto se utilizó un ancho de zanja de 0.62m de ancho.

### 2.2.8.8. Volumen de excavación

Es la cantidad de suelo que se removerá para colocar la tubería, está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de zanja, que depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos, siendo sus dimensionales metros cúbicos.

$$Vol\ exc = 1,5^2 * H_{pozofinal} + (DH * Ancho\ de\ zanja) * \left( \frac{H_{pozoinicial} + H_{pozofinal}}{2} \right) * Factor\ de\ inchamiento$$

$$Vol\ exc = 1,5^2 * 1,31m + (47,37m * 0,62m * \left(\frac{1,34m + 1,31m}{2}\right)) * 1,35 = 56,53\ m$$

### 2.2.8.9. Cota invert

Es la cota vertical o altura en la parte inferior de la tubería. Se trabaja conjuntamente con la rasante del pozo de visita para determinar la profundidad del mismo. Esta se obtiene con la pendiente de la tubería y la distancia del tramo entre pozos. La cota Invert de salida se coloca, como mínimo, tres centímetros por debajo de la Invert de entrada.

- Son calculadas a partir de las siguientes ecuaciones:

$$CIS\ PV_1 = Ct - Hp.mínima$$

$$CIE\ PV_2 = (CISPV_1) - ((Dh * s\%tubería)/100)$$

$$CIS\ PV_2 = (CIEPV_2) - Diferencia\ requerida$$

Donde:

CIS PV<sub>1</sub> = cota invert de salida del pozo 1

CIE PV<sub>2</sub> = cota invert de entrada del pozo 2

CIS PV<sub>2</sub> = cota invert de salida del pozo 2

Ct = cota de terreno

Hp = altura pozo de visita

Dh = distancia horizontal

S% = pendiente de la tubería



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

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

#### **2.2.8.10. Características de las conexiones domiciliarias**

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

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

Por lo tanto, en este proyecto se utilizará en la conexión domiciliar un tubo PVC de 4"; para la candela se utilizó un tubo de concreto de 12" de diámetro.

### 2.2.8.11. Diseño hidráulico

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se elabora de acuerdo a las Normas que establece el INFOM.

En este proyecto, se beneficiará el mayor porcentaje de las viviendas actuales del sector en la aldea Sajcavillá, dada a las razones expuestas con anterioridad y con el objetivo de hacer más fácil el cálculo se optó por utilizar un programa realizado en una hoja electrónica, para el cual se presentan los parámetros de diseño.

Tabla XXVI. **Parámetros de diseño**

<b>PERÍODO DE DISEÑO</b>	22	años
<b>TASA DE CRECIMIENTO</b>	3,95	%
<b>FACTOR DE RETORNO</b>	0,8	
<b>DOTACIÓN DE AGUA POTABLE</b>	90	lts/hab/día
<b>POBLACIÓN ACTUAL</b>	3,486	Hab
<b>POBLACIÓN FUTURA</b>	8,175	Hab
<b>CASAS A SERVIR</b>	498	
<b>DENSIDAD POBLACIONAL</b>	7	hab/viv
<b>COMERCIOS</b>	0	
<b>TIPO DE TUBERÍA</b>	PVC, norma ASTM F749	
<b>LONGITUD DE ALCANTARILLADO</b>	1 526,72	m

Fuente: elaboración propia.

- Ejemplo de diseño de un tramo:

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV- 7 y PV- 8

- Pendiente del terreno:

$$S = \frac{Ci-Cf}{DH} * 100$$

$$S = \frac{401,447-399,393}{47,37} * 100 = 4,34 \%$$

- No. de viviendas:

Locales= 10 casas

Acumuladas= 149 casas

- No. de habitantes a servir (acumulado):

$$\text{Actual} = \left( \frac{7_{\text{hab}}}{\text{vivienda}} \right) (149 \text{ viviendas}) = 1,043 \text{ habitantes}$$

$$\text{Futuro} = 1,043(1+0,0395)^{22} = 2,446 \text{ habitantes}$$

- Factor de Harmond:

$$\text{Actual} = \frac{18 + \sqrt{\frac{1,043 \text{ Habitantes}}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{1,043 \text{ Habitantes}}{1\,000}}} = 3,79$$

$$\text{Futuro} = \frac{18 + \sqrt{\frac{2,446 \text{ Habitantes}}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{2,446 \text{ Habitantes}}{1\,000}}} = 3,52$$

- Caudal de diseño:

$$Q_{dis \text{ Actual}} = 1,043 * 3,79 * 0,002 = 7,90 \text{ l/s}$$

$$Q_{dis \text{ Futuro}} = 2,446 * 3,52 * 0,002 = 17,20 \text{ l/s}$$

- Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{0,03429 * 8^{\frac{2}{3}} * 0,04336^{\frac{1}{2}}}{0,010} = 2,86 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena:

$$Q = 2,86 * 0,0005067 * 8^2 * 1 \text{ 000} = 92,62 \text{ l/s}$$

- Chequeo actual:

$$q_{dis}/Q = \frac{7,90}{92,62} = 0,085 \text{ m/s}$$

$$v/V = 0,5965 \text{ m/s}$$

$$v = (0,5965) * (2,86) = 1,70 \text{ m/s}$$

$$d/D = 0,190 \text{ m/s}$$

Cumple en velocidad y tirante

- Chequeo futuro:

$$q_{dis}/Q = \frac{17,20}{92,62} = 0,185 \text{ m/s}$$

$$v/V = 0,761 \text{ m/s}$$

$$v = (0,761) * (2,86) = 2,18 \text{ m/s}$$

$$d/D = 0,290 \text{ m/s}$$

Cumple en velocidad y tirante

- Cota invert PV- 1:

$$CIS = CT - (1 + \emptyset \text{ (en metros)})$$

$$CIS = 433,259 - \left( 1 + 8 * \left( \frac{2,54}{100} \right) \right) = 432,060m$$

- Cota invert PV- 2:

$$CIE = CIS - (DH - 1.2m * S)$$

$$CIE = 432,06 - ((31,58 - 1,2) * 0,04) = 427,62m$$

- Altura de pozo PV- 1:

$$h1 = CT - CIS + 0,05m$$

$$h1 = 433,259 - 432,060 + 0,05m = 1,25m$$

- Altura de pozo PV- 2:

$$h2 = CT - CIS2 + 0,05m$$

$$h2 = 428,836 - 427,620 + 0,05m = 1,27m$$

### **2.2.9. Propuesta de tratamiento**

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos. Por lo consiguiente, a estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de sedimentación. En estos tanques se logra la descomposición anaeróbica de los lodos.

Entre estos tratamientos primarios tenemos la flotación, tanque Imhoff y fosa séptica.

Flotación: se usa principalmente en el tratamiento de aguas residuales que contienen grandes cantidades de residuos industriales con altas cargas de grasas y sólidos suspendidos finamente divididos. Las aguas residuales procedentes de fábricas de curtidos, refinado de aceite, conservas y lavanderías son ejemplos típicos en los que este proceso puede ser aplicable. También se considera idóneo para tratar residuos que contienen materias espumantes, ya que la espuma puede eliminarse y manejarse fácilmente en una unidad de flotación. Los sólidos con un peso específico ligeramente mayor de 1,0, que necesitan excesivos tiempos de sedimentación, podrán separarse por flotación en menos tiempo.

La eliminación de los sólidos sedimentables y la digestión anaerobia de los mismos se consigue indistintamente en los tanques Imhoff y en las fosas sépticas.

En la aldea Sajcavillá no se tienen industrias o fábricas que produzcan altas cargas de grasas y sólidos suspendidos finamente divididos por lo que no es una propuesta factible.

Tanques Imhoff: consiste en un depósito de dos pisos en el que se consigue la sedimentación en el comportamiento superior y la digestión en el inferior. Los sólidos que se sedimentan atraviesan unas ranuras existentes en el fondo del compartimiento superior pasando al compartimiento inferior para su digestión a la temperatura ambiente. La espuma se acumula en el compartimiento inferior y se escapa a través de respiraderos.

Antes del uso de tanques de digestión calentados independientes, el tanque Imhoff fue ampliamente utilizado. En la actualidad, su aplicación ha disminuido y está limitada a plantas relativamente pequeñas. Es sencillo de operar y no exige la supervisión por parte de personal especializado. No existe equipo mecánico que mantener y su funcionamiento consiste en eliminar la espuma a diario y descargarla en el respiradero de gas más próximo, invirtiendo la entrada y por tanto la circulación del agua residual dos veces al mes a fin de igualar la cantidad de sólidos en ambos extremos del compartimiento de digestión y extrayendo fango periódicamente hacia las eras de secado.

A continuación se describen las desventajas por las que no se utilizará el tanque Imhoff en este proyecto:

- Son estructuras profundas (>6,00m) y en este proyecto se priorizó construir los pozos de visita lo más pequeños posible.
- Es difícil su construcción en el tipo de suelo que se tiene en la aldea Sacavillá que es el limo arcilloso.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea el correcto y contaminando así el ambiente de la aldea.

Fosa Séptica: se utilizan principalmente para el tratamiento de aguas residuales individuales. En las zonas rurales también se emplean en escuelas, parques, zonas de remolques, viviendas y moteles. Aunque a menudo se usen fosas de una sola cámara, el tipo adecuado consiste en dos o más cámaras en serie.

En una fosa séptica de doble cámara, el primer compartimiento se utiliza para la sedimentación, digestión de fango y almacenamiento de este. El segundo compartimiento proporciona una sedimentación y capacidad de almacenamiento de fango adicional, y por tanto, sirve para proteger contra la descarga de fango y otro material que pueda escaparse de la primera cámara. Cuando se proyecte para una sola residencia se utiliza un periodo de detención de 24 horas.

El fluente de las fosas sépticas se evacúa normalmente a unos tubos enterrados en el subsuelo, o zanjas de filtración, desde donde se infiltra al terreno.

Ya que por la cantidad de habitantes que se atenderán con disco sistema de alcantarillado en la aldea de Sajcavillá, y solicitud por parte del director del



Departamento Municipal de Planificación de la Municipalidad, se descarta la opción de instalar fosas sépticas para el tratamiento de las aguas residuales.

Ya que estas tres propuestas no son factibles para la aldea Sajcavillá debido a las condiciones de cada una antes descritas, se optará por contratar a un Ingeniero Sanitarista para el diseño de una planta de tratamiento en el que la Municipalidad se encargará directamente de dicho proceso para el debido funcionamiento del sistema de alcantarillado.

#### **2.2.10. Elaboración de planos**

La elaboración de planos finales se realizó en AutoCAD Civil 3D 2014, cada uno contiene los detalles correspondientes.

Los planos del sistema de alcantarillado son:

- Plano 1, planta general
- Planos 2-25, planta – perfil
- Plano 26-27, detalle de brocal – conexión – tapadera de pozo

Los planos se localizan en la parte de anexos.

#### **2.2.11. Elaboración de presupuesto**

La integración del presupuesto fue realizada a base de precios unitarios, materiales de construcción que se cotizan en el municipio, lo concerniente a las prestaciones se tomaron de un 84,60 % incluyendo el I.G.S.S. de un 10,60 %, en cuanto a costo indirecto se aplicó el 30 %.

Tabla XXVII. Presupuesto de alcantarillado sanitario

Municipalidad de San Juan Sacatepequez

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Comunidad de Ruiz

Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Cacatepéquez, Guatemala

CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO					
No.	REGLÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO REGLÓN
<b>1</b>	<b>DRENAJE SANITARIO</b>				
1,1	TOPOGRAFÍA DRENAJE SANITARIO	global	1	Q 6 598,59	Q 6 598,59
1,2	EXCAVACIÓN PARA DRENAJES S.	m <sup>3</sup>	3 778,91	Q 10,40	Q 39 300,66
1,3	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA (h <sub>prom</sub> =1,50m)	unidad	107	Q 7 853,75	Q 840 351,25
1,4	INSTALACION DE TUBERÍA D.S.	global	1	Q425 840,77	Q 425 840,77
1,5	CONEXIONES DOMICILIARES	global	1	Q921 475,61	Q 921 475,61
1,6	TAPADERA PARA CANDELA DE 12"	unidad	624	Q 105,41	Q 65 775,84
1,7	RELLENO PARA DRENAJES S.	m <sup>3</sup>	3 023,128	Q 33,70	Q 101 879,41
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>Q2 401 222,14</b>
Tipo de cambio Q7,70 = \$ 1,00					<b>\$ 311 847,03</b>

EL COSTO ES DE:

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>	<b>Q 2 401 222,14</b>
	<b>\$ 311 847,03</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN LETRAS:</b>	
Un millón ochocientos dos mil setecientos setenta y siete quetzales con cuarenta y siete centavos	

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11.1. Integración de precios unitarios

Tabla XXVIII. Integración de precios unitarios

#### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

OFERENTE:	<b>Municipalidad San Juan Sacatepéquez</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Alcantarillado Sanitario</b>	CÓDIGO PROYECTO:	<b>1,1</b>
UBICACIÓN:	<b>Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo 2016</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TOPOGRAFÍA DRENAJE SANITARIO	global	1	Q 6 598,59	Q 6 598,59

#### MATERIAL Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
			Q -	Q -
Total de materiales				Q -

#### EQUIPO Y MAQUINARIA

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
					Q -

#### COMBUSTIBLES

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
Total de Combustibles					Q -

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Replanteo topográfico	global	1	Q 2 000,00	Q 2 000,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				Q 2 000,00
		AYUDANTE	%	Q 840,00
		PRESTACIONES	%	Q 1 692,00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 4 532,00</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 4 532,00
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 1 359,60
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		Q 5 891,60
IVA	12%	Q 706,99
<b>TOTAL</b>		<b>Q 6 598,59</b>

Continuación de la tabla XXVIII.

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

OFERENTE:	<b>Municipalidad San Juan Sacatepéquez</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Alcantarillado Sanitario</b>	CÓDIGO PROYECTO:	<b>1,2</b>
UBICACIÓN:	<b>Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo 2016</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN PARA DRENAJES S.	m <sup>3</sup>	3778,91	10,40	39 300,66

#### MATERIAL Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
			Q -	Q -
Total de materiales				<b>Q -</b>

#### EQUIPO Y MAQUINARIA

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs.	0,03	Q 250,00	Q 7,14
Total de Equipo y maquinaria					<b>Q 7,14</b>

#### COMBUSTIBLES

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
Total de Combustibles					<b>Q -</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
		0	Q -	Q -
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q -</b>
		AYUDANTE	%	Q -
		PRESTACIONES	%	Q -
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q -</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 7,14
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 2,14
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		<b>Q 9,29</b>
IVA	12%	Q 1,11
<b>TOTAL</b>		<b>Q 10,40</b>

Continuación de la tabla XXVIII.

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

OFERENTE:	<b>Municipalidad San Juan Sacatepéquez</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Alcantarillado Sanitario</b>	CÓDIGO PROYECTO:	<b>1,3</b>
UBICACIÓN:	<b>Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo 2016</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA	unidad	107	Q 7 853,75	<b>Q 840 351,25</b>

<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>				
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Ladrillo tayuyo de 0.065*0.11*0.23	unidad	820	Q 3,00	Q 2 460,00
Cemento	saco	10,00	Q 73,50	Q 735,00
Arena de río	m <sup>3</sup>	1,50	Q 90,00	Q 135,00
Piedrín 3/4"	m <sup>3</sup>	0,50	Q 190,00	Q 95,00
Hierro No. 4	varilla	8	Q 34,28	Q 274,24
Hierro No. 3	varilla	4	Q 18,46	Q 73,84
Hierro No. 2	varilla	2,89	Q 7,00	Q 20,23
Alambre de amarre	libra	2,91	Q 5,00	Q 14,55
Total de materiales				<b>Q 3 807,86</b>

<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Total de Equipo y maquinaria					<b>Q -</b>

<b>COMBUSTIBLES</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Total de Combustibles					<b>Q -</b>

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Excavación para el pozo	unidad	1	Q 250,00	Q 250,00
Construcción del pozo	unidad	1	Q 450,00	Q 450,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 700,00</b>
			AYUDANTE	% Q 294,00
			PRESTACIONES	% Q 592,20
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1 586,20</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):				Q 5 394,06
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				% Q 1 618,22
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 7 012,28</b>
IVA				12% Q 841,47
<b>TOTAL</b>				<b>Q 7 853,75</b>

Continuación de la tabla XXVIII.

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

OFERENTE:	<b>Municipalidad San Juan Sacatepéquez</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Alcantarillado Sanitario</b>	CÓDIGO PROYECTO:	<b>1,4</b>
UBICACIÓN:	<b>Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marxo 2016</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
INSTALACION DE TUBERIA D.S.	global	1	Q 425 840,77	<b>Q 425 840,77</b>

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tubo corrugado de 8"				
Tubo corrugado de 10"				
Tubo corrugado de 12"				
Tubo corrugado de 14"	unidad	255	Q 743,00	Q 189 465,00
Total de materiales				<b>Q 189 465,00</b>

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
Total de Equipo y maquinaria					<b>Q -</b>

**COMBUSTIBLES**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
Total de Combustibles					<b>Q -</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Intalación de tubería	m.l.	1515,27	Q 30,00	Q 45 458,10
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 45 458,10</b>
		AYUDANTE	%	Q 19 092,40
		PRESTACIONES	%	Q 38 457,55
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 103 008,05</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):				Q 292 473,05
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				% Q 87 741,92
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 380 214,97</b>
IVA				12 % Q 45 625,80
<b>TOTAL</b>				<b>Q 425 840,77</b>

Continuación de la tabla XXVIII.

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

OFERENTE:	<b>Municipalidad San Juan Sacatepéquez</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Alcantarillado Sanitario</b>	CÓDIGO PROYECTO:	<b>1,5</b>
UBICACIÓN:	<b>Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo 2016</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CONEXIONES DOMICILIARES	global	1	Q 921 475,61	<b>Q 921 475,61</b>

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tubo corrugado de 4"	unidad	498	Q 500,00	Q 249 000,00
Tubo de concreto de 12"	unidad	498	Q 56,00	Q 27 888,00
Resina	lb	670	Q 40,00	Q 26 800,00
Pegamento para mezclar con resina	gal	300	Q 345,00	Q103 500,00
Total de materiales				<b>Q407 188,00</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Conexión domiciliar	unidad	498	Q 200,00	Q 99 600,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 99 600,00</b>
		AYUDANTE	%	Q 41 832,00
		PRESTACIONES	%	Q 84 261,60
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 225 693,60</b>
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):				Q 632 881,60
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):			%	Q 189 864,48
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):				<b>Q 822 746,08</b>
IVA			12%	Q 98 729,53
TOTAL				<b>Q 921 475,61</b>

Continuación de la tabla XXVIII.

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

OFERENTE:	<b>Municipalidad San Juan Sacatepéquez</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Alcantarillado Sanitario</b>	CÓDIGO PROYECTO:	<b>1,6</b>
UBICACIÓN:	<b>Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo 2016</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TAPADERA PARA CANDELA DE 12"	unidad	624	Q 105,41	<b>Q 65 775,84</b>

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Cemento	saco	0,15	Q 73,70	Q 11,06
Arena	m <sup>3</sup>	0,01	Q 90,00	Q 0,90
Piedrín 3/4"	m <sup>3</sup>	0,01	Q 190,00	Q 1,90
Hierro No. 3	varilla	0,7	Q 18,46	Q 12,92
Alambre de amarre	lb	0,06	Q 5,00	Q 0,30
Total de materiales				<b>Q 27,08</b>

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
Total de Equipo y maquinaria					<b>Q -</b>

**COMBUSTIBLES**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
Total de Combustibles					<b>Q -</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
Construcción de tapadera	unidad	1	Q 20,00	Q 20,00	
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q 20,00</b>	
			AYUDANTE	%	Q 8,40
			PRESTACIONES	%	Q 16,92
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 45,32</b>	

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 72,40
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 21,72
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		<b>Q 94,12</b>
IVA	12%	Q 11,29
<b>TOTAL</b>		<b>Q 105,41</b>



Continuación de la tabla XXVIII.

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

OFERENTE:	<b>Municipalidad San Juan Sacatepéquez</b>	PROGRAMA:	<b>EPS</b>
PROYECTO:	<b>Alcantarillado Sanitario</b>	CÓDIGO PROYECTO:	<b>1,7</b>
UBICACIÓN:	<b>Aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez</b>	FECHA OFERTA:	<b>Marzo 2016</b>

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
RELLENO PARA DRENAJES S.	m <sup>3</sup>	3023,128	Q 33,70	<b>Q 101 879,41</b>

**MATERIAL Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
			Q -	Q -
Total de materiales				<b>Q -</b>

**EQUIPO Y MAQUINARIA**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora	280m3/día	hrs	0,03	Q 250,00	Q 7,14
Compactadora	150m2/día	hrs	0,05	Q 300,00	Q 16,00
Total de Equipo y maquinaria					<b>Q 23,14</b>

**COMBUSTIBLES**

DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
					Q -
Total de Combustibles					<b>Q -</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
		0	Q -	Q -
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				<b>Q -</b>
		AYUDANTE	%	Q -
		PRESTACIONES	%	Q -
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q -</b>

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):		Q 23,14
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):	%	Q 6,94
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):		<b>Q 30,09</b>
IVA	12%	Q 3,61
<b>TOTAL</b>		<b>Q 33,70</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11.2. Prestaciones

Las prestaciones se obtienen en base a los números de días que no se labora.

Tabla XXIX. **Días con goce de sueldo**

<b>Días de goce de sueldo</b>	
Domingos	52
Sábados	26
1ero de enero	1
Jueves Santo	1
Viernes Santo	1
Sábado Santo	1
1ero de mayo	1
30 de junio	1
15 de septiembre	1
20 de octubre	1
1ero de noviembre	1
24 de diciembre	0,5
31 de diciembre	0,5
Feria patronal	1
Vacaciones	15
<b>Total días no trabajados</b>	<b>104</b>

Fuente: elaboración propia.

En total los días trabajados al año son:

$$Dta = 365 \text{ días} - 104 \text{ días} = 261 \text{ días}$$

Entre las prestaciones extras encontramos:

Tabla XXX. **Prestaciones extras**

<b>Prestaciones extras</b>	<b>Días extras</b>
Aguinaldo	30
Bono 14	30
Indemnización	30
<b>Total</b>	<b>90</b>

Fuente: elaboración propia.

Entonces el total de días a pagar como prestaciones:

$$D = 104 \text{ días} + 90 \text{ días} = 194 \text{ días}$$

Porcentaje de prestaciones laborales:

$$P = (194 \text{ días} / 261 \text{ días}) * 100 = 74 \%$$

A esto le debemos sumar el porcentaje del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (I.G.S.S.) que en la localidad de Sajcavillá el patrono paga el 10,60 %

$$P = 74 \% + 10,6\% = 84,60 \%$$

### **2.2.12. Evaluación de impacto ambiental**

Es importante definir qué significa impacto ambiental, es la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto de obra pública, deteriorando, distorsionando o degradando los recursos renovables y no

renovables o incluso alterar de manera notable el paisaje del patrimonio nacional.

Sera necesario previamente a su desarrollo, un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la comisión de medio ambiente respectiva.

Es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar a las alternativas que maximicen los benéficos y minimicen los impactos adversos.

Tiene como propósito fundamental detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta para que quienes toman decisiones cuenten con elementos científico-técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción.

De los proyectos o actividades que ingresan al sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, requerirán la elaboración de un estudio de Impacto Ambiental, si generarán o presentarán a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteraciones significativas de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.

- Localización cercana a localidad, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, históricos y en general los pertenecientes al patrimonio cultural.

La matriz de Leopold es un método cuantitativo de Evaluación de Impacto Ambiental creado en 1971. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural.

El sistema consiste en una matriz con columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto, este es el método que se utilizará para el estudio de este proyecto.

Las medidas de magnitud e importancia tienden a estar relacionadas, pero no necesariamente están directamente correlacionadas. La magnitud puede ser medida en términos de cantidad: área afectada de suelo, volumen de agua contaminada, por ejemplo, el caso de una corriente de agua que erosiona una gran cantidad de suelo.

En este caso, el impacto tiene una magnitud significativa, pero la importancia que tenga respecto al medio ambiente puede ser baja, ya que es una pequeña parte de suelo.

Tabla XXXI. **Matriz modificada de Leopold para el proyectos de drenaje**

ELEMENTOS AMBIENTALES	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN			ETAPA DE FUNCIONAMIENTO		
	A	B	N	A	B	N
<b>I. MEDIO AMBIENTE</b>						
1. Tierras						
a) Topografía			*			*
b) Suelo	-			-		
c) Erosión y sedimentación			*			*
2. Microclima			*			*
3. Agua						
a) Ríos			*			*
b) Aguas subterráneas			*			*
c) Calidad de aguas			*			*
4. Ecosistema						
a. Flora						
-Vegetación natural	-			-		
-Cultivos	-			-		
b. Fauna						
-Mamíferos y aves			*			*
-Peces y organismos acuáticos			*			*
c. Biodiversidad						
-Peligro de extinción			*			*
-Especies migratorias			*			*
5. Desastres Naturales		*				*
<b>II. MEDIO AMBIENTE SOCIOECONÓMICO</b>						
1. Población						
a. Población en peligro			*			*
b. Reasentamiento			*			*

Continuación de la tabla XXXI.

c. Población migratoria			*			*
2. Uso de Tierra	-			-		
3. Uso de Agua			*			*
4. Actividades Productivas						
a. Agricultura			*			*
b. Pecuaria			*			*
c. Pesca			*			*
d. Agroindustria			*			*
e. Mercado y comercio		+				*
5. Empleo		+				*
6. Aspectos Culturales			*			*
7. Historia y Arqueología			*			*
8. Turismo			*			*
<b>III. PROBLEMAS AMBIENTALES</b>						
1. Contaminación del Aire			*		++	
2. Contaminación del Agua			*		++	
3. Contaminación del Suelo	-					*
4. Ruido y Vibración	-					*
5. Hundimientos de Suelo			*			*
6. Mal Olor			*		++	

Fuente: elaboración propia.

Nomenclatura:

++ Impacto positivo grande

+ Impacto positivo pequeño

\* Neutro

- Impacto negativo pequeño

A adverso

B benéfico

N neutro

A continuación se presentan las variables que influyen de manera adversa en el proyectos de drenaje sanitario, además se presenta la medidas de mitigación aplicables, para lograr un impacto ambiental negativo mínimo.

- Medio Ambiente

- Tierra

El suelo será afectado negativamente en la etapa de construcción debido a excavación de zanja.

La erosión y sedimentación serán afectadas negativamente durante la fase de construcción por las zanjas para instalación de tuberías.

- Mitigación

El suelo extraído debido la excavación por zanjeo, se incorporará de nuevo a las mismas y el sobrante se esparcirá en el terreno.

- Agua subterráneas

Estas se verán afectadas debido la colocación de tubería y construcción de pozos de visita.



- Mitigación

La colocación de la tubería se realizará siguiendo las instrucciones de encargo de la obra, para que no exista la posibilidad de ruptura de la tubería y filtración en los puntos de unión de la misma, ocasionando de esta manera, contaminación del manto freático.

- Ecosistema

- Vegetación natural y cultivos:

La vegetación propia del lugar tendrá un impacto negativo poco significativo, ya que la cualquier tipo de vegetación o cultivo existente, será desaparecerá en la fase de excavación.

- Mitigación:

Se le inculcará a la población la forestación y jardinería de áreas circunvecinas.

### **2.2.13. Evaluación socioeconómica**

Se realizó en el proyecto para verificar si la inversión es positiva o negativa, es decir, factible o no factible según los siguientes métodos:

### 2.2.13.1. Valor presente neto

Es el método más conocido al momento de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Nos permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero que es maximizar la inversión.

El VPN puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

- VPN<0
- VPN=0
- VPN>0

Cuando es igual a un valor negativo muy grande alejado de cero, está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable.

Si el valor resultante es igual a “0” nos está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea.

Y por último si el valor es un número positivo, está indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

$$P = F \left[ \frac{1}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

$$P = A \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right]$$

Donde:

P = Valor de pago único en el valor inicial a la operación, o valor presente.

F = Valor de pago único al final de periodo de la operación, o valor de pago futuro.

A = Valor de pago uniforme en un periodo determinado o valor de pago constante o renta de ingreso.

i = Tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de unidad por la inversión a una solución.

n = Periodo de tiempo que se pretende dure la operación.

Datos del proyecto:

Costo total del proyecto= Q 1 753 238,54

Costo de mantenimiento= Q 120 000,00 anual

Vida útil= 22 años

Tasa de interés= 10 % anual

Costo por conexión= Q 200,00 por vivienda

$$Q 200,00 * 498 \text{ viviendas} = Q 99 600,00$$

Ingresos anuales= 15 \* 498 \* 12 = Q 89 640,00

Se utilizará signo positivo para los ingresos y negativo para los egresos.

$$\begin{aligned} VPN1 &= 1\,753\,238,54 + 99\,600 + 120\,000 \left( \frac{(1 - 0,10)^{22} - 1}{0,1 * (1 - 0,10)^{22}} \right) \\ &+ 89\,640 \left( \frac{(1 - 0,10)^{22} - 1}{0,1 * (1 - 0,10)^{22}} \right) = -17\,338\,961,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VPN2 &= 1\,753\,238,54 + 99\,600 + 120\,000 \left( \frac{(1 + 0,10)^{22} - 1}{0,1 * (1 + 0,10)^{22}} \right) \\ &+ 89\,640 \left( \frac{(1 + 0,10)^{22} - 1}{0,1 * (1 + 0,10)^{22}} \right) = 3\,691\,704,24 \end{aligned}$$

$$VPN = -17\,338\,961,54 + 3\,691\,704,24 = -13\,647\,257,30$$

El VPN es negativo, debido a que no produce ganancias a ninguna institución, el proyecto es de carácter social que beneficiará a 498 viviendas.

### **2.2.13.2. Tasa interna de retorno**

La Tasa Interna de Retorno es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de una alternativa.

$$TIR = VPN \text{ beneficios} - VPN \text{ gastos} = 0$$

Lo que se busca es un dato que sea menor al dato buscado y otro que sea mayor y así poder interpolar de la manera siguiente.

$$\begin{aligned} &Tasa 1 \text{ VPN} + \\ &TIR \text{ VPN} = 0 \\ &Tasa 2 \text{ VPN} - \end{aligned}$$

Valuado para el 12%

$$TIR = 10 + ((2)(3\,328\,111,508) / (3\,208\,111,508 + 17\,338\,961,54)) = 10,32 \%$$

En este caso la Tasa Interna de Retorno del proyecto es de 10 %. El proyecto no es de utilidad económica pues cumple con una función social.



## CONCLUSIONES

1. Los proyectos desarrollados dentro del Ejercicio Profesional Supervisado proveen a los habitantes del municipio de San Juan Sacatepéquez, soluciones a los problemas de tránsito.
2. El pavimento rígido diseñado para La carretera de Sajcavillá, cumple con todos los requisitos para brindar un buen servicio a lo largo de la vida útil. Esta pavimentación hace que el tránsito vehicular se realice con comodidad y fluidez.
3. El sistema de alcantarillado sanitario se realiza con material tubo de concreto de 8" y pozos de visita de ladrillo tayuyo, la construcción fortalecerá el saneamiento ambiental, evitando que se generen enfermedades futuras en la población.



## RECOMENDACIONES

1. Contar los servicios de un laboratorio de suelos para que durante la construcción del pavimento rígido, se garantice la calidad de los materiales con los que se construirá la base.
2. La construcción de los dos proyectos debe ser supervisada por personal especializado para garantizar que los trabajos se efectúan de acuerdo con los planos autorizados.
3. Los materiales utilizados en ambos proyectos deben ser sometidos a pruebas de laboratorio para garantizar la seguridad y condiciones óptimas de resistencias.
4. Impartir por medio de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, una inducción a los habitantes de cada localización de los proyectos, para brindar un mantenimiento y uso correcto y así evitar complicaciones en los sistemas.





## BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO. *American Association of State Highway And Transportation Officials*. Washington DC, 2004.
2. AGUILAR, Mario. *Diseño de pavimentación del tramo carretero que conduce desde la cabecera municipal de Fraijanes hacia la aldea El Cerrito en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 1047 p.
3. MURALLES, Pablo. *Planificación y diseño geométrico del camino de la colonia Los Cedros que conduce a la comunidad El Capulín y diseño de la red de alcantarillado sanitario, para las colonias Los Cedros, Nueva Linda y Las Violetas, municipio de Siquinalá, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 127 p.
4. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 135 p.
5. FLORES HERNÁNDEZ, Nancy Carola. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y diseño de la escuela para la colonia Los Almendros, Mazatenango, departamento de Suchitepéquez, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 185 p.



## **APÉNDICES**

- Apéndice 1. **Diseño de carretera que conduce de aldea Sajcavillá hacia cabecera municipal de San Raymundo**
- Apéndice 2. **Ampliación del sistema de alcantarillado sanitario, aldea Comunidad de Ruiz, San Juan Sacatepéquez, Guatemala**

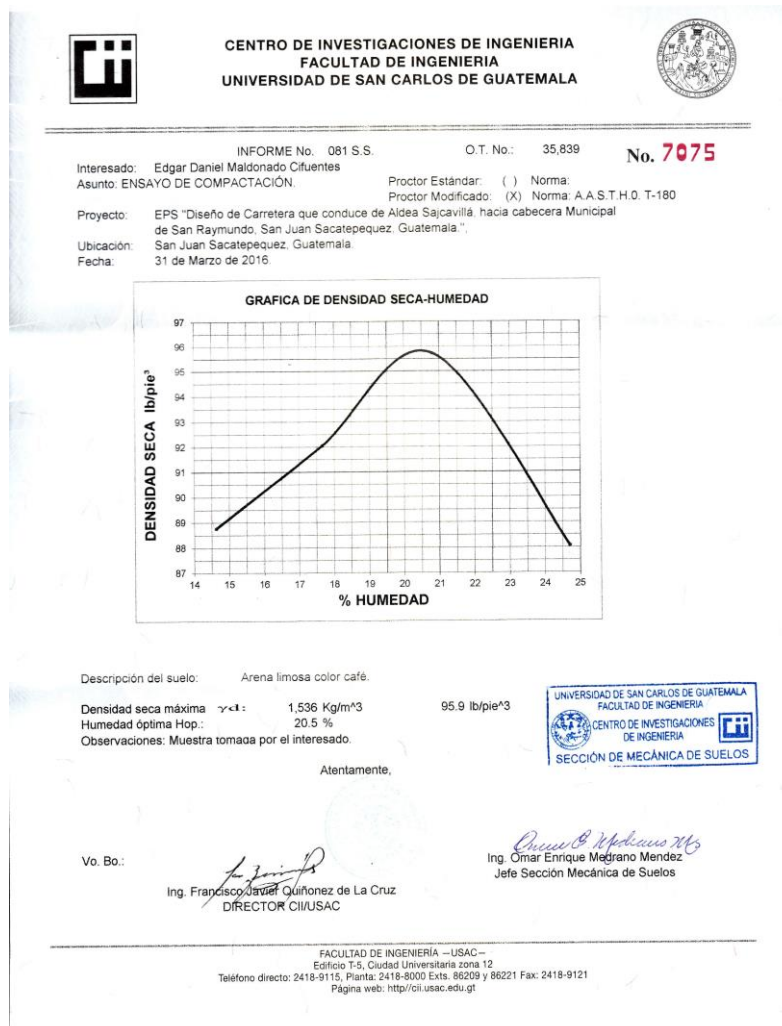
Fuente: elaboración propia.



# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayos de suelos para el diseño de carretera que conduce de Aldea Sajcavillá hacia Cabecera Municipal de San Raymundo, San Juan Sacatepéquez, Guatemala

### a) Proctor



Continuación del anexo 1.

**b) Razón Soporte California**



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



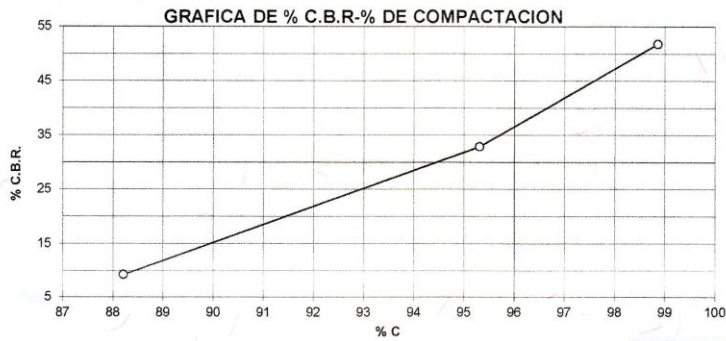
**No. 7076**

INFORME No.: 082 S.S. O.T. No.: 35,839  
 Interesado: Edgar Daniel Maldonado Cifuentes  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
 Proyecto: EPS "Diseño de Carretera que conduce de Aldea Sajcavillá, hacia cabecera Municipal de San Raymundo, San Juan Sacatepequez, Guatemala."  
 Ubicación: San Juan Sacatepequez, Guatemala

Descripción del suelo: Arena limosa color café.

Fecha: 31 de Marzo de 2016.

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_{c-1}$ (Lb/pie <sup>3</sup> )			
1	10	20.90	84.6	88.2	0.30	9.2
2	30	20.90	91.4	95.3	0.37	32.9
3	65	20.90	94.8	98.9	0.33	51.8



Atentamente,



Vo. Bo.:

*[Signature]*  
 Ing. Francisco Javier Quirón de La Cruz  
 DIRECTOR CII/USAC

*[Signature]*  
 Ing. Omar Enrique Mezano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Continuación del anexo 1.

**c) Análisis granulométrico**



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

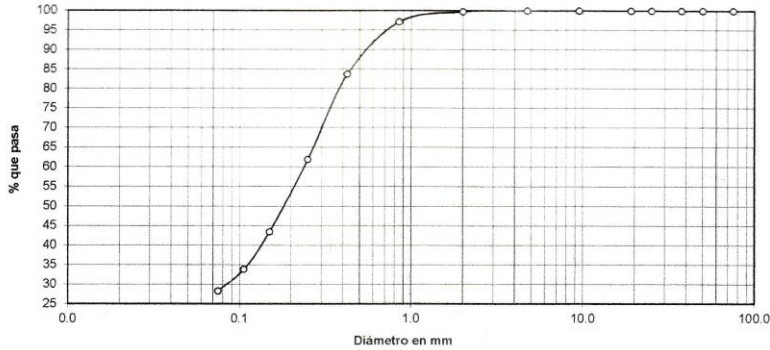


INFORME No. 083 S.S. O.T. No. 35,839

**No. 7077**

Interesado: Edgar Daniel Maldonado Cifuentes  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo  
 Norma: ASTM D6913-04  
 Proyecto: EPS "Diseño de Carretera que conduce de Aldea Sajcavillá, hacia cabecera Municipal de San Raymundo, San Juan Sacatepequez, Guatemala."  
 Ubicación: San Juan Sacatepequez, Guatemala  
 Fecha: 31 de Marzo de 2016

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	99.76
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	97.13
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	83.79
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	61.91
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 µm	43.49
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 µm	33.82
4	4.75 mm	100.00	200	75 µm	28.34



Descripción del suelo: Arena limosa color café.

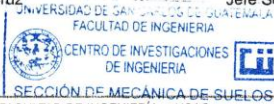
Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 0.00 D10=0.00 mm.  
 P.R.A.: A-2-4 % de Arena: 71.66 D30=0.09 mm.  
 % de finos: 28.34 D60=0.26 mm.

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

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

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



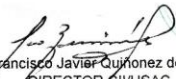

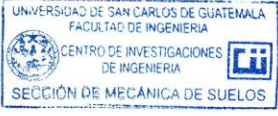


FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



Continuación del anexo 1.

#### d) Límites de Atterberg

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>				
<b>No. 7078</b>					
INFORME No. 084 S.S.		O.T.: 35,839			
Interesado: Edgar Daniel Maldonado Cifuentes					
Proyecto: EPS "Diseño de Carretera que conduce de Aldea Sajcavillá, hacia cabecera Municipal de San Raymundo, San Juan Sacatepequez, Guatemala."					
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG					
Norma: AASHTO T-89 Y T-90					
Ubicación: San Juan Sacatepequez, Guatemala.					
FECHA: 31 de Marzo de 2016.					
<b>RESULTADOS:</b>					
<b>ENSAYO No.</b>	<b>MUESTRA No.</b>	<b>L.L. (%)</b>	<b>I.P. (%)</b>	<b>CLASIFICACION *</b>	<b>DESCRIPCION DEL SUELO</b>
1	1	0.0	0.0	SM	Arena limosa color café
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD					
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.					
Atentamente,					
 Ing. Francisco Javier Quiñonez de La Cruz DIRECTOR CII/USAC		 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos			
					
FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: <a href="http://cii.usac.edu.gt">http://cii.usac.edu.gt</a>					

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