



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

**Universidad Latina de Costa Rica  
Facultad de Ingenierías y Tecnologías de Información.**

Licenciatura en Ingeniería Civil  
Proyecto de graduación en Ingeniería Civil.

**PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE EVACUACIÓN  
DE AGUAS PLUVIALES Y EL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL Y  
HORIZONTAL DEL BARRIO PANAMÁ, SANTA CRUZ, DE  
GUANACASTE.**

Autor: Jafet Mendoza Zúñiga.

Tutor: Ing. Marcos Sánchez Pérez.

Heredia, Costa Rica, mayo 2020.





## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "***Propuesta de mejoras para el sistema de evacuación de aguas pluviales y el diseño Geométrico vertical y horizontal del Barrio Panamá, Santa Cruz de Guanacaste***" por el (la) estudiante: Jafet Mendoza Zúñiga, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de **Ingeniería Civil** de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en **Ingeniería Civil**:

---

Marcos Sánchez Pérez

Tutor

---

Alberto González Solera

Lector

---

Giovanni Arguedas Morales

Representante



COMITÉ ASESOR

---

Ing. Marcos Sánchez Pérez

Tutor

---

Ing. Alberto González Solera

Lector

---

Ing. Giovanni Arguedas Morales

Representante





**CARTA DE APROVACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD (PROYECTO DE  
GRADUACIÓN)**

Heredía, 9 de abril del 2020

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos de Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad (Proyecto de Graduación) bajo el título **PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y EL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL Y HORIZONTAL DEL BARRIO PANAMÁ, SANTA CRUZ, DE GUANACASTE** por parte del estudiante : Jafet Mendoza Zúñiga como requisito para el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenidos exigidos por la Universidad, y por lo tanto recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe Cordialmente.

  
Ing. Marcos Sánchez Pérez



**CARTA DE APROVACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD (PROYECTO DE  
GRADUACIÓN)**

Heredia, 4 de abril del 2020

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos de Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad (Proyecto de Graduación) bajo el título **PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y EL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL Y HORIZONTAL DEL BARRIO PANAMÁ, SANTA CRUZ, DE GUANACASTE** por parte del estudiante : Jafet Mendoza Zúñiga como requisito para el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenidos exigidos por la Universidad, y por lo tanto recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe Cordialmente.

**Alberto  
Gonzalez  
Solera**

Firmado digitalmente por Alberto  
Gonzalez Solera  
Nombre de reconocimiento (DN):  
cn=Alberto Gonzalez Solera,  
o=Ingeniero Civil, ou=ing. Civil,  
email=betogs4@gmail.com, c=CR  
Fecha: 2020.05.10 16:31:12 -06'00'

Ing. Alberto González Solera

**Carta de filóloga**

02 de mayo del 2020.

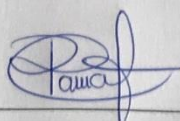
Señores  
Facultad de Ingenierías y Tecnologías de Información  
Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores

La suscrita Edith Raissa Pizarro Alfaro con cédula de identidad N° 401780133, profesional en Filología, hace constar que revisó el documento que lleva por título **“Propuesta de mejoras para el sistema de evacuación de aguas pluviales y el diseño geométrico vertical y horizontal del Barrio Panamá, Santa Cruz, de Guanacaste”**, del estudiante **Jafet Mendoza Zúñiga**, al cual se le aplicaron las revisiones y observaciones relacionadas con aspectos de construcción gramatical, ortografía, redacción, entre otros.

Dado lo anterior, certifico que el documento contiene las observaciones y correcciones solicitadas, quedando de conformidad con lo pactado.

Atentamente,



Licda. Edith Raissa Pizarro Alfaro  
Código del Colegio 35554



## “Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de mayo de 2016, revisada el 24 de abril de 2020

---

Yo:

Mendoza Zúñiga, Jafeth

De la Carrera/ Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil  
Autor(es) del trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y EL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL Y HORIZONTAL DEL BARRIO PANAMÁ. SANTA CRUZ, DE GUANACASTE.

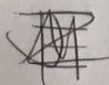
Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día miércoles, 13 del mes mayo del año 2020 a las 6:30 pm. Asimismo, doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:





## Resumen

En el presente trabajo se aportará un nuevo diseño del sistema de alcantarillado pluvial y diseño de pavimentos con su respectivo diseño geométrico en el Barrio Panamá en Santa Cruz en la Provincia de Guanacaste, con el propósito de que los conductores y peatones puedan circular de manera segura. También cabe destacar que, con el aporte del nuevo diseño de las calles de este barrio, se pretende mejorar la calidad de vida de sus vecinos.

Para el diseño propuesto, con las curvas de nivel suministradas por la Municipalidad de Santa Cruz. Se obtiene con detalle los nuevos trazados de calle y con la respectiva información, se elabora una propuesta de diseño geométrico por medio de un diseño horizontal y vertical. Esto para que los conductores transiten de manera eficiente y con seguridad. También se diseñaron nuevos sistemas de alcantarillado pluviales con sus respectivos desfuegos. Seguidamente se desarrolló el diseño del pavimento a partir del TPD que se realizó y el estudio de suelos brindado por la municipalidad.

Para el diseño se consideró las normas internacionales tales como el Manual Centroamericano de diseño geométrico la Reglamentación para el diseño y construcción de urbanizaciones, condominios y fraccionamientos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA), normativa ASSTHO 93 y El Manual de especificaciones técnicas para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR 2010.

## Summary

In the present work, the aim is to contribute a new design of the storm sewer system and pavement design with its respective geometric design in the Panama neighborhood in Santa Cruz in the Province of Guanacaste, with the purpose that drivers and pedestrians can circulate insurance. It should also be taken into account that with the contribution of the new design of the streets of this neighborhood, it is intended to improve the quality of life of its neighbors

For the proposed design, based on topography curves supplied by the Municipality of Santa Cruz. The new street layouts are obtained in detail and with the respective information, a geometric design proposal is prepared using a horizontal and vertical design. This so that drivers transit poorly and safely. New storm sewer systems were also designed with their respective outlets. Next, the pavement design was developed from the TPD and the soil study provided by the municipality.

For the design, international standards such as the Central American Manual of geometric design, the Regulations for the design and construction of urbanizations, condominiums and subdivisions of the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers (AYA), ASSTHO 93 regulations and the Manual of technical specifications for construction of highways, roads and bridges CR 2010.

## Agradecimiento

Primero que todo le agradezco a Dios que me ha acompañado en todo este proceso, en el cual me ha enseñado a ser paciente y tener la sabiduría respectiva para llegar a la finalización de mi formación académica.

De igual manera le agradezco a mis padres por estar siempre presentes y por nunca dejar de apoyarme, realmente sin ellos no hubiese logrado esta meta. Ellos son un pilar importante en mi vida ya que siempre me han enseñado a no dejar de perseguir mis metas. Esta es la mejor herramienta que ellos me han dado para poder afrontar la vida.

Le agradezco a mí novia Antonella Icaza Osorio y su familia, por siempre apoyarme y ayudarme en todo momento, realmente fueron para mí un gran pilar para lograr esta meta, gracias a Antonella por hacerme llegar más allá de mis límites siempre alentarme para poder superarme, siempre me estuvo empujando en todo momento para finalizar esta etapa en mi vida.

Le agradezco a mis compañeros Jorge Benavides y Daniela Oviedo que estuvieron trabajando en otros proyectos similares y por ende siempre nos apoyamos en todo momento.

A todos los profesores con los cuales he cursado, ya que ellos me han instruido de manera correcta para el desarrollo profesional académico.

Por último quiero agradecer a mi tutor Marcos Sánchez, por guiarme en este proceso e instruirme de la mejor manera, compartiendo siempre su gran conocimiento y su experiencia.

¡Muchas Gracias!

## Dedicatoria

Quiero dedicar este triunfo primero a Dios, luego a mis padres y a mis abuelos, los cuales siempre han creído en mí y que desde el inicio de mi carrera siempre han deseado que me convierta en Ingeniero Civil.



## Tabla de contenido

<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>X</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>XI</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>XII</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	20
1.7 IMPACTO .....	21
<b>2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1 MARCO SITUACIONAL.....	21
2.2 INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZARÁ EL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN.....	21
2.3 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIÓN ACTUAL.....	22
<b>2.4 MARCO TEÓRICO- CONCEPTUAL.....</b>	<b>22</b>
2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS .....	22
2.6 PARA LA RED VIAL CANTONAL .....	23
2.7 LA CLASIFICACIÓN DE TRANSITABILIDAD.....	23
2.8 CLASIFICACIÓN POR EL ANCHO DE VÍA. ....	24
2.9 CALLES ESTRECHAS .....	24
2.10 MEDIAS .....	24
2.11 ANCHAS .....	24
2.12 CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA:.....	24
<b>2.13 DISEÑO DEL ALINEAMIENTO VERTICAL.....</b>	<b>24</b>
2.14 PENDIENTE MÁXIMA .....	25

2.15	PENDIENTE MÁXIMA PARA CARRETERAS COLECTORAS RURALES.....	25
2.16	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO.....	25
2.17	VELOCIDAD DEL DISEÑO.....	26
2.18	CLASIFICACIÓN VEHICULAR.....	26
<b>2.19</b>	<b>DISEÑO PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....</b>	<b>27</b>
2.20	CARRETERA.....	28
2.21	CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS.....	28
2.22	CURVAS ASIMÉTRICAS.....	29
2.23	CURVAS VERTICALES.....	30
2.24	CURVAS VERTICALES EN CRESTA O CONVEXAS.....	31
<b>2.25</b>	<b>CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS O EN COLUMPIO:.....</b>	<b>31</b>
<b>2.26</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL O ALINEAMIENTO</b>	
<b>HORIZONTAL.....</b>		<b>32</b>
2.27	CURVAS SIMPLES.....	32
2.28	CURVAS CIRCULARES COMPUESTAS.....	34
2.29	RADIOS MÍNIMOS.....	35
<b>2.30</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO TRANSVERSAL.....</b>	<b>36</b>
<b>2.31</b>	<b>DRENAJES EN LAS CARRETERAS.....</b>	<b>38</b>
2.32	DRENAJE SUPERFICIAL.....	38
2.33	LAS ALCANTARILLAS.....	38
2.34	CUNETAS.....	40
<b>2.35</b>	<b>ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....</b>	<b>40</b>
2.36	CUENCA.....	41
2.37	CURVAS DE INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA.....	41
2.38	MÉTODO RACIONAL.....	41
2.39	PERIODO DE RETORNO.....	42
2.40	INTENSIDAD DE LLUVIA.....	43
2.41	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	43
2.42	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	43
<b>2.43</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>43</b>

2.44	PAVIMENTO .....	43
2.45	CARPETA ASFÁLTICA .....	44
2.46	BASE .....	44
2.47	SUB BASE GRANULAR .....	44
2.48	SUB RASANTE .....	44
2.49	SEÑALIZACIÓN VIAL .....	45
2.50	SEÑALES HORIZONTALES .....	45
2.51	SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN .....	46
2.52	SEÑALES DE PREVENCIÓN .....	46
2.53	SEÑALES DE INFORMACIÓN .....	47
2.54	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL .....	48
2.55	ALTURA DE LA SEÑALIZACIÓN .....	48
2.56	SEÑALAMIENTO LUMINOSO .....	48
<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>PARADIGMA .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2</b>	<b>ENFOQUE CUANTITATIVO .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS .....</b>	<b>49</b>
3.4	CRITERIOS DE DISEÑO .....	49
3.5	TOPOGRAFÍA DEL TERRENO .....	50
3.6	INSTRUMENTOS PARA LOS PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS ...	50
<b>3.7</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO .....</b>	<b>50</b>
3.8	ALINEAMIENTO VERTICAL .....	50
3.9	PENDIENTES MÁXIMAS .....	52
3.10	CLASIFICACIÓN VEHICULAR .....	53
3.11	VELOCIDAD DEL DISEÑO .....	53
3.12	RADIOS MÍNIMOS .....	54
3.13	CURVAS EN CRESTA .....	55
3.14	CURVAS EN COLUMPIO .....	57
<b>3.15</b>	<b>DISEÑO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>57</b>
<b>3.16</b>	<b>CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA .....</b>	<b>58</b>

<b>3.17</b>	<b>TIEMPO DE CONCENTRACIÓN .....</b>	<b>58</b>
3.18	MÉTODO RACIONAL.....	59
<b>3.19</b>	<b>DISEÑO HIDRÁULICO .....</b>	<b>62</b>
3.20	DRENAJE LONGITUDINAL.....	62
3.21	CAUDAL .....	63
3.22	ECUACIÓN DE MANNING .....	64
3.23	VELOCIDAD DE FLUJO .....	66
3.24	VELOCIDAD MÍNIMA.....	67
<b>3.25</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO.....</b>	<b>68</b>
3.26	FACTOR CAMIÓN .....	68
3.27	FACTOR DE CRECIMIENTO .....	69
3.28	FACTOR HORARIO (FH).....	69
3.29	FACTOR DIARIO (FE) .....	69
3.30	EJES EQUIVALENTES .....	70
3.31	FACTOR DE CRECIMIENTO .....	71
3.32	MÓDULO DE RESILENCIA .....	71
3.33	CONFIABILIDAD (R) .....	73
3.34	SERVICIALDAD ( $\Delta$ PSI).....	74
3.35	COEFICIENTE DE DRENAJE FLEXIBLE .....	77
3.36	ESPEORES MÍNIMOS .....	78
3.37	CAPACIDAD DE CARGA POR FATIGA DE LA CAPA ASFÁLTICA .....	80
3.38	CAPACIDAD DE CARGA POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE SUB-RASANTE.....	80
<b>4.</b>	<b>SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>81</b>
4.1	SUJETOS DE INFORMACIÓN .....	81
4.2	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	81
4.3	FUENTES PRIMARIAS .....	81
4.4	FUENTES SECUNDARIAS.....	82
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>
5.1	DISEÑO GEOMÉTRICO .....	82
5.2	VELOCIDAD DE DISEÑO .....	83
<b>6</b>	<b>CURVAS VERTICALES.....</b>	<b>83</b>

6.1	PENDIENTE MÍNIMA Y MÁXIMA PARA LAS CURVAS VERTICALES.....	85
6.2	ANCHO DE CALZADA .....	85
6.3	ANCHO DE ACERA .....	86
6.4	CORDÓN Y CAÑO.....	86
<b>7</b>	<b>CURVAS HORIZONTALES .....</b>	<b>86</b>
7.1	RADIO MÍNIMO.....	86
7.2	MEJORA PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL .....	88
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO.....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>ANÁLISIS HIDROLÓGICO .....</b>	<b>93</b>
9.1	PERIODO DE RETORNO .....	96
9.2	INTENSIDAD DE LLUVIA.....	96
9.3	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	97
9.4	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA .....	98
9.5	DISEÑO DE CAUDALES .....	99
<b>10</b>	<b>DISEÑO HIDRÁULICO .....</b>	<b>101</b>
<b>11</b>	<b>SEÑALIZACIÓN.....</b>	<b>104</b>
11.1	VIALETAS .....	107
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>13</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>14</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>111</b>
<b>15. ANEXOS.....</b>		<b>114</b>
15.1	ANEXO INFORMACIÓN PARA DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	114
15.2	ANEXO FOTO ÁEREA PARA EL CÁLCULO DE ESCORRENTÍA.....	115
15.3	ANEXO PORTADA PLANOS.....	116
15.4	ANEXO SECCIONES TÍPICAS.....	117
15.5	ANEXO PLANTA TOPOGRÁFICA .....	118
15.6	ANEXO PLANTA DE PERFÍL AVENIDA 1 .....	119
15.7	ANEXO PLANTA PERFÍL AVENIDA CENTRAL .....	120
15.8	ANEXO PLANTA PERFÍL CALLE 13, CALLE 17, CALLE 23.....	121
15.9	ANEXO DETALLES DE DRENAJES 1 .....	122

16	ANEXO DETALLE DE DRENAJES 2.....	123
16.1	ANEXO PLANTA DE SEÑALIZACIÓN .....	124

### Índice de Tablas

TABLA 1	TIEMPO DE PERIODO DE RETORNO.....	42
TABLA 2	CLASIFICACIÓN DEL TERRENO EN FUNCIÓN DE LAS PENDIENTES NATURALES .....	51
TABLA 3	PENDIENTE MÁXIMA PARA CARRETERAS COLECTORAS RURALES .....	52
TABLA 4	PENDIENTE MÁXIMA PARA CARRETERA RURAL, LOCAL .....	52
TABLA 5	VALORES DE VELOCIDAD DE DISEÑO, SEGÚN EL NIVEL DE SERVICIO.....	54
TABLA 6	VELOCIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES (M/S) EN CONDUCTOS REVESTIDOS (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, PERÚ, 2008).....	67
TABLA 7	VELOCIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES, EN CANALES NO REVESTIDOS.....	67
TABLA 8	FACTOR CAMIÓN .....	68
TABLA 9	FACTOR DISTRIBUCIÓN CARRIL L.....	71
TABLA 10	NIVELES DE CONFIANZA R .....	74
TABLA 11	DESVIACIÓN ESTÁNDAR SO .....	74
TABLA 12	COEFICIENTE DE DRENAJE PARA PAVIMENTOS (MX) .....	77
TABLA 13	ESPESORES MÍNIMOS DEL PAVIMENTO .....	79
TABLA 14	DATOS DE TPDA .....	90
TABLA 15	EJES EQUIVALENTES ESAL´S .....	90
TABLA 16	FACTOR DE CRECIMIENTO Y ESAL´S DE DISEÑO.....	91
TABLA 17	DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.....	91
TABLA 18	ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO .....	92
TABLA 19	ÁREAS DE LA SUB CUENCA, ALTURA ENTRE PUNTOS BAJOS Y ALTOS.....	95
TABLA 20	ÁREAS PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	98
TABLA 21	VALOR PONDERADO DEL CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA .....	99
TABLA 22	CAUDALES DE DISEÑO.....	99
TABLA 23	RESUMEN 1 DE TUBERÍAS.....	103
TABLA 24	RESUMEN 2 DE TUBERÍAS.....	104

## Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 VISTA ÁREA DEL PROYECTO.....	22
ILUSTRACIÓN 2 CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS.....	29
ILUSTRACIÓN 3 CURVAS ASIMÉTRICAS.....	30
ILUSTRACIÓN 4 TIPOS DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS .....	31
ILUSTRACIÓN 5 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA CURVA SIMPLE.....	33
ILUSTRACIÓN 6 CURVA CIRCULAR COMPUESTA DE DOS RADIOS .....	35
ILUSTRACIÓN 7 SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA MIXTA, PAVIMENTADA.....	36
ILUSTRACIÓN 8 SECCIONES TÍPICAS DE BORDILLOS O CUNETAS .....	40
ILUSTRACIÓN 9 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO .....	45
ILUSTRACIÓN 10 TIPOS DE SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN .....	46
ILUSTRACIÓN 11 SEÑALES DE PREVENCIÓN .....	47
ILUSTRACIÓN 12 SEÑALES DE INFORMACIÓN.....	47
ILUSTRACIÓN 13 VEHÍCULOS DE DISEÑO.....	53
ILUSTRACIÓN 14 RADIOS MÍNIMOS PARA PERALTE MÁXIMO $E_{MAX} = 4\%, 6\%$ FRICCIÓN MÁXIMA .....	55
ILUSTRACIÓN 15 VALORES DE CRESTA PARA DISTANCIA DE VELOCIDAD DE ADELANTAMIENTO.....	56
ILUSTRACIÓN 16 DISTANCIA DE PARADA EN UNA CRESTA .....	56
ILUSTRACIÓN 17 CONTROL DE DISEÑO PARA LAS CURVAS VERTICALES EN CUMPLIMIENTO	57
ILUSTRACIÓN 18 DURACIÓN DE LLUVIA APLICANDO EL MÉTODO RACIONAL .....	60
ILUSTRACIÓN 19 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA RECOMENDADOS PARA EL MÉTODO RACIONAL (CHOW, MAIDMENT, Y MAYS, 1994) .....	61
ILUSTRACIÓN 20 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING (CHOW, 2004) .....	63
ILUSTRACIÓN 21 FÓRMULAS PARA LA OBTENCIÓN DE PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISTINTAS SECCIONES DE CANAL .....	65
ILUSTRACIÓN 22 FÓRMULAS PARA LA OBTENCIÓN DE PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISTINTAS SECCIONES DE CANAL .....	65
ILUSTRACIÓN 23 COEFICIENTES N DE MANNING ADAPTADO DE (CHOW, 2004).....	66
ILUSTRACIÓN 24 FACTOR DE CRECIMIENTO.....	69
ILUSTRACIÓN 25 FACTOR HORARIO (FH).....	69
ILUSTRACIÓN 26 FACTOR DIARIO (FE).....	70
ILUSTRACIÓN 27 CAPAS DE ESTRUCTURAS DEL PAVIMENTOS .....	72

ILUSTRACIÓN 28 ABACO PARA CALCULAR LA SERVICIALDAD .....	73
ILUSTRACIÓN 29 COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA ASFÁLTICA .....	75
ILUSTRACIÓN 30 COEFICIENTE ESTRUCTURAL PARA LA BASE GRANULAR (A2) .....	76
ILUSTRACIÓN 31 COEFICIENTE ESTRUCTURAL PARA LA SUBBASE GRANULAR (A3) ...	77
ILUSTRACIÓN 32 ELEMENTOS DE CURVA VERTICAL AVENIDA 1 .....	84
ILUSTRACIÓN 33 ELEMENTOS DE CURVA VERTICAL AVENIDA CENTRAL .....	84
ILUSTRACIÓN 34 ELEMENTOS CURVA VERTICAL CALLE 13 .....	84
ILUSTRACIÓN 35 ELEMENTOS CURVA VERTICAL 17 .....	84
ILUSTRACIÓN 36 ELEMENTOS CURVA VERTICAL CALLE 23 .....	85
ILUSTRACIÓN 37 CORDÓN Y CAÑO POR REGLAMENTACIÓN DEL MOPT.....	86
ILUSTRACIÓN 38 ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL AVENIDA 1.....	87
ILUSTRACIÓN 39 ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL AVENIDA CENTRAL.....	87
ILUSTRACIÓN 40 ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL CALLE 13 Y 23 .....	87
ILUSTRACIÓN 41 LOCALIZACIÓN DONDE SE REALIZÓ EL CONTEO VEHICULAR .....	89
ILUSTRACIÓN 42 CARGA DE LA CAPA ASFÁLTICA POR FATIGA.....	93
ILUSTRACIÓN 43 CARGA POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LA SUB RASANTE .....	93
ILUSTRACIÓN 44 ÁREA DE LA CUENCA .....	94
ILUSTRACIÓN 45 INTENSIDAD DE LLUVIA .....	96
ILUSTRACIÓN 46 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN EN MINUTOS.....	97
ILUSTRACIÓN 47 ÁREA DE INFLUENCIA DE POZOS .....	102
ILUSTRACIÓN 48 SEÑALIZACIÓN AV 1 .....	105
ILUSTRACIÓN 49 SEÑALIZACIÓN AV CENTRAL .....	105
ILUSTRACIÓN 50 SEÑALIZACIÓN CALLE 13, 17 Y 23.....	105
ILUSTRACIÓN 51 DIMENSIONES MÍNIMAS PARA LA COLOCACIÓN DE SEÑALES VERTICALES .....	106



## 1 Introducción

### 1.1 Antecedentes

Santa Cruz es el tercer cantón de la provincia de Guanacaste, Costa Rica, que se ubica al noroeste del país. Conocida como "la ciudad folclórica", Santa Cruz es la cabecera del cantón. Declarado cantón número 3 de la provincia de Guanacaste el 7 de diciembre de 1848, durante el gobierno del Dr. José María Castro Madriz, mediante la ley 36, artículo 9. Tiene en la actualidad nueve distritos: Santa Cruz (Cabecera del cantón), Bolsón, Veintisiete de Abril, Tempate, Cartagena, Cuajiniquil, Diría, Cabo Velas y Tamarindo, su territorio es de 1 312.27 kilómetros cuadrados y su población es de 45.000 habitantes.

El actual territorio del ahora llamado Cantón de Santa Cruz, fue denominado originalmente "El Paraje del Diría" por los primeros conquistadores españoles que arribaron al lugar, por residir allí el Cacique Diría, líder aborigen de los Chorotegas. El cantón de Santa Cruz fue oficialmente creado mediante la ley número 36, en su artículo número 9, el 7 de diciembre de 1848 y es el tercero de la provincia de Guanacaste (Municipalidad de Santa Cruz, 2019).

Santa Cruz en las últimas décadas ha tenido un gran desarrollo en las zonas costeras ya que cuenta con playas muy reconocidas a nivel internacional, lo cual fomenta el turismo en la zona y ha tenido un gran crecimiento económico y social en las zona. Es importante mencionar que la municipalidad con mucho esfuerzo en los últimos años empezó a darle una cara distinta a este cantón, ha invertido en la infraestructura vial.

Las rutas sirven de comunicación entre los diferentes distritos que conforman el cantón de Santa Cruz los cuales son nueve, como una manera de generar el bienestar en materias de desarrollo económico y social; al mismo tiempo, un medio que facilite la conservación de los recursos naturales, educación y el acceso a servicios de salud.

El acceso a este Barrio Panamá, Santa Cruz Guanacaste con los años se ha visto afectado en la estación lluviosa, esto ha traído consigo problemas sociales, económicos y en el sector salud, en este caso las calles afectadas se encuentran con el problema son las: avenida 0, avenida 1, calle 13, calle 17, calle 29.

El 5 de enero de 2019, la Municipalidad de Santa Cruz, inició la construcción de 300 metros de superficie de rodamiento y construcción de un sistema de evacuación de aguas pluviales 600 metros de cordón y caño, 5 pozos de registro, 7 tragantes simples y 2 dobles, esto para darle un mejoramiento a la superficie de ruedo, con un costo de: ₡195,718, 964.80, los cuales se construyeron en un plazo de 40 días. De igual manera en el sector de Barrio Tenorio se mejoró 522 metros la superficie de ruedo, con un costo de más de ₡104 millones de colones, con un plazo de duración de 20 días (Municipalidad de Santa Cruz, 2019).

Las mejoras realizadas a estas dos localidades mejoraron los problemas de inundaciones y por ende la superficie de rodamiento ya que el problema de las inundaciones empeora el estado del pavimento, esto trajo consigo un gran beneficio para transitar de manera adecuada y con mayor seguridad de las personas locales. Los caminos de baja intensidad de tránsito, como pueden ser aquellos de acceso del agricultor al mercado y los que enlazan a las comunidades, son partes necesarias de cualquier sistema de transporte que brinda servicios a la población en zonas rurales; para mejorar el flujo de bienes y servicios, además de promover el desarrollo, la salud pública, la educación, y como una ayuda en la administración del uso del suelo y de los recursos naturales.

En la Ingeniería Civil el diseño geométrico de carreteras es la técnica consistente en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno; los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales, urbanísticos y económicos. El primer paso para el trazado de una carretera es un estudio de viabilidad que determine el corredor donde podría situarse el trazado de la vía” (Br. Henry Alemán Vásquez Br. Francisco Alberto Juárez Reyes Br. Josué Isai Nerio Aguilar, San Salvador 13 De marzo De 2015).

Para este proyecto se trabajarán calles ya existentes, pero se realizará un nuevo diseño geométrico vertical y horizontal, para el sector del Barrio Panamá, Santa Cruz, Guanacaste y el diseño de alcantarillado de aguas pluviales.

## 1.2 Planteamiento del problema

El problema que presenta en el Barrio Panamá, Santa Cruz, Guanacaste, es el deterioro de la infraestructura vial, debido a los efectos de las numerosas precipitaciones, y al hecho de que la topografía de la localidad es muy plana. De hecho, el sistema de alcantarillado no canaliza bien las aguas pluviales, esto trae consigo una gran afectación hacia los vecinos de la comunidad ya que se inundan las casas y comercios a su alrededor. Las cuales, también tienen su origen en un sistema de alcantarillado que acumula basura orgánica e inorgánica, lo que implica que cuando llueve, se rebalsan las alcantarillas, afectando y a su vez la estructura vial de la localidad, con el consiguiente efecto sobre su uso y la calidad de vida de los vecinos de la zona.

## 1.3 Objetivo general

- Proponer el diseño del sistema de alcantarillado pluvial y el diseño geométrico vertical y horizontal del Barrio Panamá, Santa Cruz, Guanacaste.

## 1.4 Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento del estado del sistema actual y de infraestructura vial de la zona.
- Plantear una propuesta de diseño geométrico y sistema de evacuación de aguas pluviales (alcantarillado).
- Determinar la estructura de pavimento correspondiente.

## 1.5 Justificación

El diseño vial es un instrumento que sirve para el desarrollo económico y social esto ofrece a la sociedad mejores condiciones para poder transportarse adecuadamente y a sus vez que sus alcantarillas puedan recibir el agua pluvial.

De esta forma el mejoramiento geométrico, de drenajes superficiales, estructuras de pavimentos son obras necesarias para cumplir con las necesidades planteadas, así como también los requerimientos que se evidencian mediante las visitas a campo y a la interacción con vecinos de la localidad. El sentido de este mejoramiento nace a raíz de las malas condiciones de las calles y de drenajes, ya que la estructura vial es antigua y presenta un gran deterioro.

En el ámbito profesional debemos contar con un amplio conocimiento sobre los temas relacionados con el diseño de carreteras y sistemas pluviales, esto debemos de usarlo para la práctica profesional a la hora de realizar un proyecto de este tipo.

En el desarrollo de este proyecto, el Barrio Panamá se beneficia, en aspectos tales como facilitaciones comerciales, la mejora de la conectividad entre las poblaciones cercanas y el acceso a servicios básicos, de igual manera promover la seguridad de las población local mediante una buena infraestructura vial.

Se sabe que gran parte de los barrios aledaños sufren del mismo problema de inundaciones y calles en mal estado, por este motivo una pronta intervención es de gran ayuda para atacar los problemas con una gran eficacia, dando así una propuesta de mejora viable y que se ajuste al presupuesto que maneja la municipalidad.

Es importante realizar un estudio previo para poder trabajar el diseño de manera correcta basándose siempre en las normas y requerimientos específicos; Por esto todo ingeniero debe de tener conocimiento en el área que se desea investigar para poder así desarrollar el tema con grandes expectativas y de manera correcta.

## 1.6 Alcances y limitaciones

El alcance principal es mejorar la infraestructura vial y sistema pluvial (alcantarillado) del Barrio Panamá, Santa Cruz, Guanacaste entre las calles: avenida 1, avenida 0, calle 13, calle 17, calle 23. Se va a proponer un diseño que cumpla con las necesidades de la comunidad y que el problema pueda ser resuelto. Para ello se utilizará como herramientas el programa de Civil 3D para el Diseño propiamente de las calles

Se manejarán los siguientes recursos para el desarrollo del proyecto: El libro de Hidrología Urbana por Manuel Gómez Valentín, Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el control del tránsito (2014), Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de estaciones meteorológicas mecánicas por Nazaret Rojas Morales y Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de estaciones meteorológicas automáticas por Nazaret Rojas Morales.

Se tomaron los datos mediante el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN) se utilizarán estaciones meteorológicas de la provincia de Guanacaste como: Estación Automática de Progreso Cuajiniquil en Santa Cruz, Guanacaste, Estación Automática de San José de la Montaña en Santa Cruz, Guanacaste. Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica (SIECA) Primera Edición 2016, Norma Técnico Para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (AYA) Edición (2017), Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad, tercera edición( 2011), Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de estaciones meteorológicas automáticas por Nazaret Rojas Morales.

Como limitaciones la Municipalidad de Santa Cruz Guanacaste nos proporcionará los estudios topográficos del Barrio Panamá y también el estudio de suelos, con estos estudios previos se podrá realizar el proyecto de mejoramiento vial de manera que se satisfagan las necesidades que requiere la comunidad local.

## 1.7 Impacto

En el impacto a futuro de este proyecto, se espera que estas mejoras ayuden al bienestar de los habitantes de la zona. En el ámbito social se quiere lograr que las personas puedan tener una mejor calidad de vida y que cuenten con mayores facilidades de transporte de manera que permitan la seguridad e integridad de las personas que transiten por las calles.

Este motivo es por el cual es importante que cuenten con una buena infraestructura vial para que puedan trasladarse de manera segura. Debe contar con una buena superficie de ruedo y señalamiento vial, de igual manera en el ámbito económico las personas cercanas a la zona contarán con un mayor auge que permita tener un mayor atractivo comercial, también tendrán una mayor movilidad hacia sus trabajos reduciendo los tiempos de traslado, ya que cuentan con una calle en un excelente estado.

## 2 Marco teórico

### 2.1 Marco situacional

### 2.2 Institución donde se realizará el trabajo final de graduación

La institución beneficiada con dicho proyecto de graduación será la Municipalidad de Santa Cruz, Guanacaste. Con el fin de fomentar el crecimiento del cantón, aportándole con la propuesta de mejoramiento vial en sector de Barrio Panamá, entre las calles: avenida 1, avenida 0, calle 13, calle17, calle 23. Como parte de las obligaciones de la entidad, este debe llevar acabo un intenso programa de inversiones, cubrir gastos operativos y financieros con recursos dados por el gobierno de Costa Rica. La municipalidad está muy comprometida en mejorar la infraestructura vial del cantón para que las personas locales puedan transitar con mayor seguridad y proteger la integridad y la salud de los mismos.

### 2.3 Características y condición actual

El proyecto denominado propuesta de mejoras para el sistema de evacuación de aguas pluviales y el diseño geométrico vertical y horizontal del barrio Panamá, Santa Cruz, de Guanacaste. Consiste en hacer una restructuración de las calles en el Barrio Panamá, para ello se hará una propuesta de un nuevo diseño geométrico y pluvial para el área de la zona del Barrio Panamá.

Ilustración 1 Vista área del proyecto



Fuente: Propia

### 2.4 Marco teórico- conceptual

#### 2.5 Clasificación de las carreteras

Según la ley general de caminos públicos N° 5060 “Para el criterio de diseño en el tema de funcionabilidad en una carretera, red vial, siendo este rural o urbano se debe clasificar según la necesidad operacional en diferentes niveles.”

##### 1. Carreteras Primarias

Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales, estas se caracterizan por ser carreteras de largas distancias.

##### 2. Carreteras secundarias

Son vías que se conectan con las cabeceras cantonales importantes, esto quiere decir que se conecta con una ruta primaria.

### 3. Carreteras terciarias

Son vías que sirven de colectoras para las carreteras primarias y secundarias, y que se constituyen por ser vías principales para los viajes dentro de una región.

## 2.6 Para la red vial cantonal

La red vial cantonal corresponde propiamente a la administración de las municipalidades, estas se dividen en tres niveles:

### 1. Caminos vecinales

Caminos públicos que suministren acceso a directo a fincas y otras actividades económicamente rurales; unen caseríos y poblaciones con la red vial nacional, y esta se caracteriza por tener bajos niveles de tránsito y altas porciones de viajes locales de corta distancia.

### 2. Caminos locales

Son vías públicas incluidas dentro del cuadrante de un área urbana, no clasificados como travesías urbanas de la red vial nacional.

### 3. Caminos no clasificados

Caminos públicos no clasificados dentro de las categorías descritas anteriormente, tales como caminos de herradura, sendas, veredas, que proporcionen acceso a muy pocos usuarios.

## 2.7 La clasificación de transitabilidad

### 1. Carretera de tierra

A este tipo de carretera se le conocen como terracerías superficie de rodamiento de la tierra.

### 2. Carretera revestida

Son aquellas superficies que se le han aplicado un tipo de revestimiento diferente a una capa de pavimento, generalmente tratamientos superficiales.

### 3. Carretera pavimentada

Aquellas carreteras cuya superficie de rodamiento es una capa de asfalto o concreto.



## 2.8 Clasificación por el ancho de vía.

### 2.9 Calles estrechas

Vías las cuales el ancho inferior por donde circulan los vehículos es inferior a los 5 metros.

### 2.10 Medias

Vías por donde circulan vehículos, con un ancho que comprende entre 5 a 6 metros.

### 2.11 Anchas

Vías que pueden tener más de dos carriles y cada uno de ellos tienen un ancho de 3,5 metros de ancho.

## 2.12 Clasificación según las características de la carretera:

Las características las carreteras se pueden clasificar en tres niveles.

### 1. Autopistas

Son vías de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles y con control total de accesos.

### 2. Carreteras multi carriles

Son carreteras divididas o no, con dos o más carriles por sentido y con control parcial de accesos.

### 3. Carreteras de dos direccionales

Estas vías constan de una calzada de dos carriles, siendo así un carril por cada sentido de circulación.

## 2.13 Diseño del alineamiento vertical

El manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras y caminos nos brinda especificaciones que son importantes de tomar en consideración. Un buen ejemplo de ello es el diseño vertical, en este se debe de tomar las elevaciones del eje de la carretera, con esto se obtiene el alineamiento vertical o el perfil del eje de la carretera.

“En este alineamiento se representan tanto el perfil del terreno natural como el perfil terminado del eje de la carretera, al cual se le llama rasante, o el perfil del eje terminado de la terracería, también conocido como subrasante” (SIECA,2011).

#### 2.14 Pendiente máxima

La pendiente máxima de las carreteras, son de gran relevancia al momento de ser operadas por los vehículos. En el caso de los automóviles, las pendientes 5% no son de gran influencia en la velocidad, cuando este es en terreno plano. Una explicación simple es cuando se sube la pendiente la velocidad tiende a disminuir de una manera progresiva y cuando es de bajada la velocidad aumenta. Para esto existe una tabla que nos brinda información necesaria para las pendientes máximas.

#### 2.15 Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales

Las pendientes para calles colectoras urbanas deben ser tan a nivel como sea práctico, consistente con el terreno colindante. Una pendiente mínima de 0.30% es aceptable para facilitar el drenaje. No obstante, es recomendable que se utilice una pendiente de 0.50% o más. Si hay aceras adyacentes, se recomienda una pendiente máxima de 5.0% para cumplir con los criterios (SIECA, 2011).

#### 2.16 Tránsito promedio diario

El tránsito promedio diario anual (TPDA) es el volumen de vehículos total durante un periodo mayor a un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en ese periodo de tiempo.

## 2.17 Velocidad del diseño

Según el Manual del SIECA (SIECA, 2011). “es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. La velocidad de diseño asumida debe ser consistente con la topografía”.

## 2.18 Clasificación vehicular

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2013) menciona que debido a las dimensiones tan variables de los vehículos que circulan por la red de carreteras, es necesario examinarlos, agruparlos en clases similares y establecer un vehículo representativo para cada clase para su uso en el diseño geométrico. Así, cada vehículo de diseño tiene dimensiones físicas mayores y radios de giro mínimos mayores que la mayoría de los de su clase y al tipo las dimensiones, pesos y características de operación, se le brindan al diseñador los controles y elementos, a los que debe ajustar el diseño para facilitar su circulación sin restricciones.

De cada tipo de vehículo que se utiliza en el diseño geométrico, se seleccionan los de mayores dimensiones físicas y de radio de giro mayores, dentro de su clasificación, para adoptar las condiciones más desfavorables, al efecto de alcanzar el objetivo específico de diseñar con estándares altos que proporcionen mayor seguridad vial.

Se han seleccionado cuatro clases generales de vehículos; a saber:

### 1. Vehículo Liviano

Incluye los automóviles compactos, jeeps, camionetas agrícolas, vehículos deportivos, van, minivans y pick-ups. Un vehículo liviano puede considerarse cuando el principal generador de tráfico es el parqueo de un área comercial.

### 2. Buses

Incluye los buses extraurbanos, buses urbanos, buses escolares y buses articulados. Un bus puede utilizarse en el diseño de intersecciones de carreteras colectoras con calles urbanas que han sido diseñadas como rutas de buses y que las usen relativamente pocos camiones grandes.

Dependiente de la expectativa de uso, un bus escolar largo (84 pasajeros) o un convencional bus escolar (65 pasajeros) pueden utilizarse para el diseño de intersecciones en carreteras locales y calles con volúmenes menores de 400 TPDA. El bus escolar también puede ser apropiado para el diseño de algunas intersecciones de la subdivisión calles.

3. Camión incluye los camiones de unidad única (2 o 3 ejes), cabezal con semirremolque o un cabezal con semirremolque más remolque completo.
4. Recreacionales incluye casas rodantes, carros con camper, carros con remolques con botes y casas rodantes remolcadas por carros.

Por otra parte, la clasificación oficial que la Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica maneja la siguiente:

1. Carga liviana: pick-ups, carros acondicionados para cargas pequeñas, esto en cuanto a la clasificación usada, no necesariamente a vehículos con placa de carga liviana.
2. Autobuses: todos los buses que poseen doble llanta en la parte trasera.
3. 2 ejes (tándem): Son todos los camiones de dos ejes, doble llanta en parte trasera.
4. 3 ejes (trídem): Son todos los camiones de tres ejes, dos ejes de doble llanta en la parte trasera.
5. 5 ejes: Son furgones, dos parejas de dos ejes con doble llanta.

## 2.19 Diseño para el alineamiento horizontal

En el alineamiento horizontal se comienza a diseñar el corredor de la vía y sus interacciones con las ya existentes. El diseño involucra la interacción de varios factores como radios mínimos, peraltes, anchos de curvas, longitudes de transición.

Para el diseño del alineamiento horizontal, se debe procurar que se reduzcan los tramos rectos que sean de gran longitud, esto debido a que los conductores tienden a incrementar la velocidad, esto trae consigo el incremento de riesgos de provocar un accidente de tránsito.

## 2.20 Carretera

Una carretera es un sistema que logra beneficiar directamente en todos a conveniencia y en seguridad para los usuarios, esto permite que aumente el desarrollo municipal, en el tema residencial, económico y en el sector salud.

## 2.21 Curvas verticales simétricas

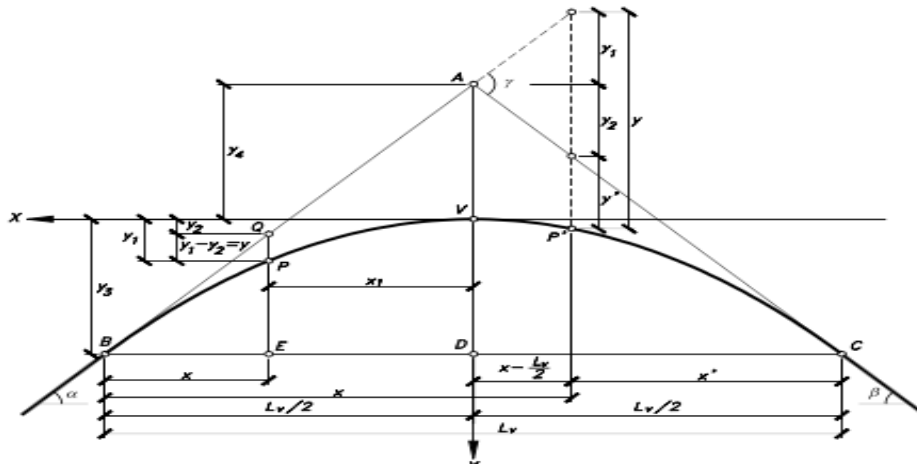
Una curva vertical es aquel elemento del diseño de perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de la longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de la salida. (Cárdenas Grisales, 2013).

Elementos que componen una curva vertical simétrica:

- B= PCV= Principio de curva vertical
- C=PTV= Principio de tangente vertical: punto donde termina la curva.
- BC=Lv= Longitud de la curva vertical medida en proyección horizontal.
- VA=Ev= Externa vertical. Es la distancia vertical del PIV a la curva.
- VD=f= Flecha vertical.
- P (X1, Y1) = Punto sobre la curva de coordenadas.
- Q (X1, Y2) = Punto sobre la tangente de coordenadas, situado sobre el mismo vertical de P.
- QP=y= Corrección de pendiente. Desviación vertical respecto de la tangente de un punto de la curva P.
- BE=x= Distancia horizontal entre el PCV y el punto P de la curva.  $\alpha$ = Ángulo de pendiente de la tangente de entrada.
- $\beta$ = ángulo de pendiente de la tangente de salida.

- $\varphi =$  ángulo entre las dos tangentes. Ángulo de deflexión vertical.
- $m = \tan(\alpha) =$  Pendiente de la tangente de entrada.
- $n = \tan(\beta) =$  Pendiente de la tangente de salida.
- $i = \tan(\varphi) =$  Diferencia algebraica entre las pendientes de entrada y de salida.

Ilustración 2 Curvas Verticales simétricas

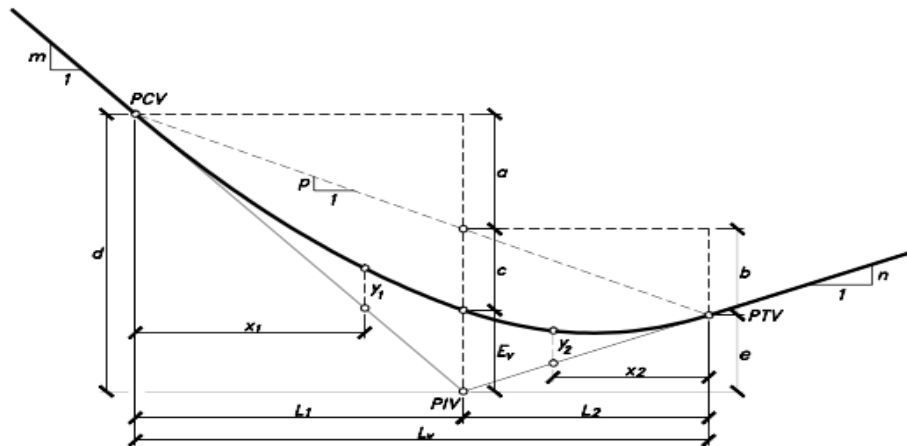


Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013)

## 2.22 Curvas asimétricas

Una curva vertical es asimétrica cuando las proyecciones horizontales de sus tangentes son de distinta longitud.

### Ilustración 3 Curvas asimétricas



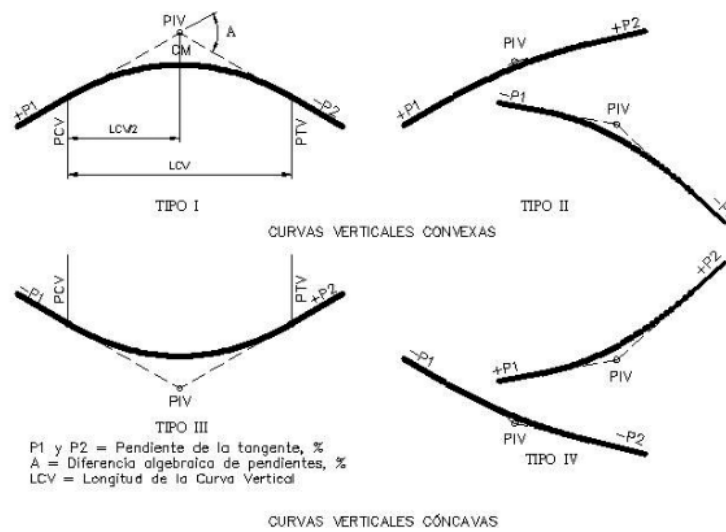
Fuente: (Cardona Grisales, 2013)

#### 2.23 Curvas verticales

“Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable”. (Cárdenas, Grisales; 2013)

En términos generales existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas. Las primeras se diseñan de acuerdo con la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño.

#### Ilustración 4 Tipos de Curvas verticales convexas



Fuente: (SIECA, 2011)

#### 2.24 Curvas verticales en cresta o convexas

Estas se basan en el criterio de distancias de visibilidad ( $S$ ), desde el punto de vista el tema de seguridad, confort y apariencia cumplen satisfactoriamente.

#### 2.25 Curvas verticales cóncavas o en columpio:

Para las curvas cóncavas existen cuatro criterios para el cálculo de la curva que son los siguientes:

1. El primero se basa en la distancia de iluminación de los faros delanteros del vehículo.
2. Este es la comodidad de conducción y cuando el vehículo cambia de pendiente.
3. Requerimientos adecuados para drenaje en la carretera.
4. Se basa en las condiciones estéticas de la carretera.



## 2.26 Diseño Geométrico horizontal o alineamiento horizontal

Según Cárdenas Grisales (2013) “El diseño geométrico en planta de una carretera, o alineamiento horizontal, es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas”.

En el alineamiento horizontal se comienza a diseñar el corredor de la vía y sus partes ya existentes. Para el diseño, se necesita la intervención de varios factores como, radios mínimos, longitudes de transición, peraltes y ancho de curvas, esto está ligado a la funcionalidad de la carretera, la topografía del terreno actual, la velocidad de diseño de la vía, las distancias de visibilidad calculadas y el derecho de vía, algo importante es que se quiere que el propósito del diseño sea seguro para los conductores y brinde confort.

En el diseño del alineamiento horizontal, se debe procurar minimizar el uso de tramos rectos de gran longitud. “Según el manual centroamericana de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras “En el diseño del alineamiento horizontal, se debe procurar minimizar el uso de tramos rectos de gran longitud, porque los conductores tienden a manejar velocidades mayores que las propias del proyecto, elevando así los riesgos de provocar un accidente de tránsito” (SIECA, 2011).

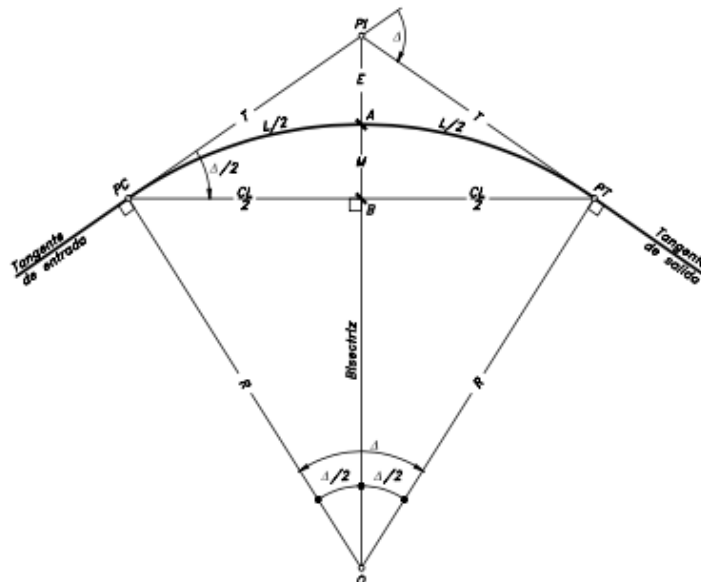
## 2.27 Curvas simples

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. Por lo tanto, las curvas reales del espacio no necesariamente son circulares. (Cárdenas Grisales, 2013).

Hay varios elementos geométricos con curva circular simple que se muestran a continuación:

- PI: Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.
- PC: Principio de la curva punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.
- PT: Principio de tangente punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
- O: Centro de la curva circular.
- $\Delta$ : Ángulo de deflexión de tangentes.
- R: Radio de curva simple.
- T: Tangente que es la distancia desde el PI al PC o el PI al PT.
- L: Longitud de la curva circular que es desde el PC a Pt a lo largo del arco circular.
- M: Ordenada media es la distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

Ilustración 5 Elementos geométricos de una curva simple



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013)

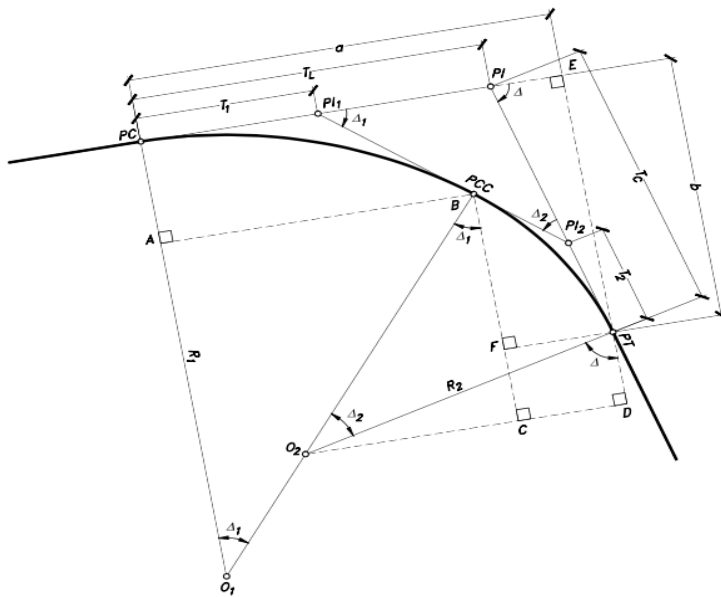
## 2.28 Curvas circulares compuestas

Las curvas circulares compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples. Estas pueden emplearse en terrenos montañosos, cuando se quiere que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno o topografía natural, lo cual reduce el movimiento de tierras (Cárdenas Grisales, 2013).

A continuación, se muestran los diferentes elementos que conforman una curva circular compuesta:

- PI= Punto de intersección de las tangentes.
- PC= Principio de la curva compuesta.
- PT= Fin de la curva compuesta o principio de tangente.
- PCC= Punto común de curvas o punto de curvatura compuesta.
- R1= Radio de la curva de mayor radio o de menor curvatura. R2= Radio de la curva de menor radio o de mayor curvatura. O1= Centro de la curva de mayor radio.
- O2= Centro de la curva de menor radio.
- $\Delta$ = Ángulo de deflexión principal.
- $\Delta_1$ = Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.  $\Delta_2$ = Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio. T1= Tangente de la curva de mayor radio.
- T2= Tangente de la curva de menor radio.
- TL= Tangente larga de la curva circular compuesta.
- TC = Tangente corta de la curva circular compuesta.

Ilustración 6 Curva circular compuesta de dos radios



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013)

### 2.29 Radios mínimos

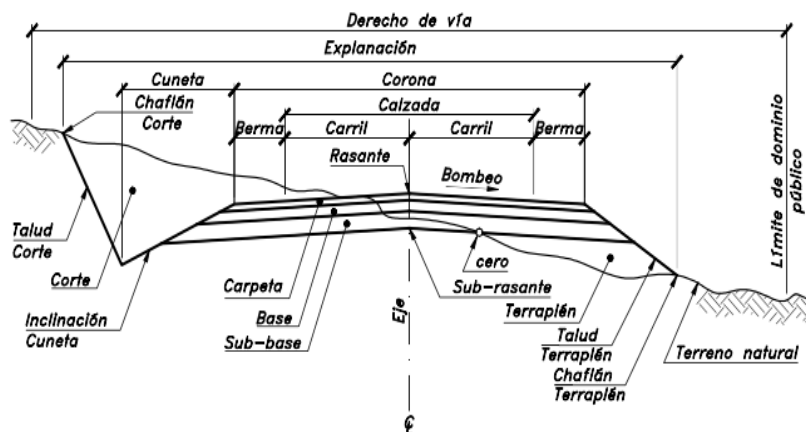
Según el Manual de Diseño Geométrico (INVIAS,2008) “El radio mínimo ( $R_{Cmín}$ ) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica ( $V_{CH}$ ) de acuerdo con el peralte máximo ( $e_{máx}$ ) y el coeficiente de fricción transversal máxima ( $f_{Tmáx}$ )”.

Un ejemplo claro es cuando un vehículo se sale de la curva ya que el peralte no tiene la capacidad de contrarrestar la velocidad, en otros casos es porque las ruedas no tienen la fricción lateral necesaria entre las ruedas o bien que el pavimento no cumpla con las necesidades de ruedo.

### 2.30 Diseño geométrico transversal

Según (Cárdenas Grisales, 2013) “El diseño geométrico transversal de una carretera consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal”

Ilustración 7 Sección transversal típica mixta, pavimentada



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013)

Para tener una mayor claridad de que es cada elemento se explicará cada uno las secciones típicas transversales de una carretera. Por el autor Cárdenas Grisales (2013).

1. La calzada o superficie de rodamiento: es aquella parte de la sección transversal destinada a la circulación de los vehículos, constituida por uno o más carriles para uno o dos sentidos. Cada carril tendrá un ancho suficiente para permitir la circulación de una sola fila de vehículos.

El ancho y el número de carriles de la calzada se determinan con base en un análisis de capacidad y nivel de servicio deseado al final del periodo de diseño.

2. Las bermas: que son fajas comprendidas entre las orillas de la calzada y las líneas definidas por los hombros de la carretera. Las bermas sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada.
3. Las cunetas son zanjas, revestidas o no, construidas paralelamente a las bermas, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Sus dimensiones se determinan de acuerdo con los análisis hidráulicos del sitio.
4. Los taludes, que son las superficies laterales inclinadas que limitan la explanación. Si la sección es en corte, el talud empieza enseguida de la cuneta. Si la sección es en terraplén, el talud se inicia en el borde de la berma. Las inclinaciones adoptadas para los taludes se determinan con base en los estudios geológicos y geotécnicos del lugar.
5. La banca o plataforma de la carretera, es la distancia horizontal, medida normalmente al eje, entre los extremos exteriores de las cunetas o los hombros.
6. El chaflán o estaca extrema de talud, es el punto donde el talud de corte o terraplén encuentra el terreno natural. El ancho de explanación es la distancia total horizontal comprendida entre los chaflanes derecho e izquierdo.
7. El ancho de zona o derecho de vía es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico.
8. La rasante, como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la vía. La sub rasante es aquella superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

### 2.31 Drenajes en las carreteras

El drenaje es uno de los componentes importantes, ya que esta nos permite canalizar las aguas pluviales de manera adecuada, esto con el fin de que el suelo no se vea afectado, así no dañar la integridad estructural de la carretera.

Los drenajes nos permiten considerar de manera eficiente el proceso de conducción, captación y la manera que el agua es evacuada. Todo este proceso nos ayuda a prolongar la vida útil de la carretera.

En el caso de la provincia de Guanacaste, al ser un territorio con extensas llanuras, en el momento que suceden las precipitaciones normalmente se inundan las calles ya que tienen un antiguo sistema pluvial que no permite la buena canalización de las aguas en las carreteras.

### 2.32 Drenaje superficial

El drenaje superficial debe de ser efectivo para poder evacuar las aguas pluviales de la superficie de la carretera y evitar que estas se filtren dentro de la estructura, ocasionándole daños que pueden ser considerables y de efectos inmediatos o a corto plazo.

Según Ing. Gordon Keller e Ing. James Sherar afirman en la guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales, que con los caminos dotados de peralte hacia adentro se puede controlar mejor el escurrimiento superficial del camino, pero el agua se concentra y por lo tanto se requiere un sistema de cunetas, drenes transversales y un ancho adicional del camino para alojar la cuneta.

### 2.33 Las alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras de evacuación de las aguas de escorrentía. Generalmente un conducto que cruza por debajo de la vía, por lo tanto, su sección geométrica puede ser circular, rectangular o cuadrada según (Pérez Carmona, 2014).

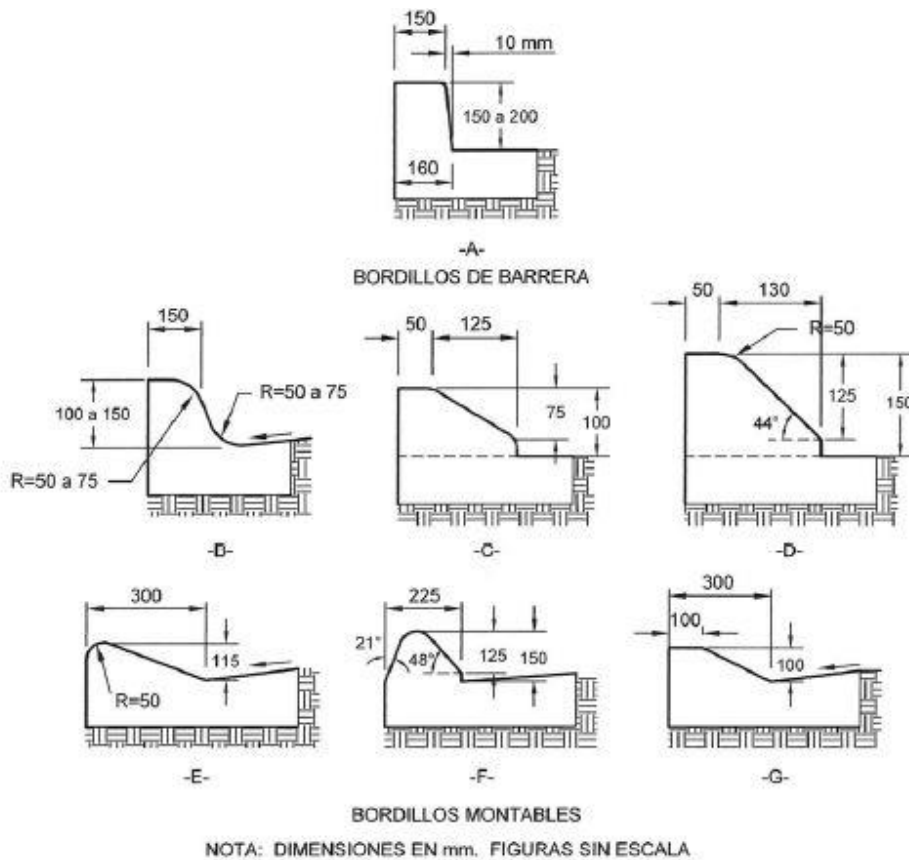
Los elementos que componen una alcantarilla son los siguientes:

- Encole: Estructura que reduce la velocidad y disipa la energía del agua en la entrada de las obras de drenaje.
- Estructura de entrada: Son todas las estructuras destinadas a conducir el agua las cuales son: muro de cabezal, solado, aletas.  
C. Aletas: Son utilizadas para contener los taludes que conformen un terraplén en la vía.
- Tubería: Garantizan la conducción del flujo de un lado a otro, evitando infiltraciones que puedan dañar el pavimento.
- Estructura de salida: Obras que entregan el agua al sitio de vertido. Es importante mencionar tres criterios que se deben considerar una buena construcción de una alcantarilla, son los siguientes:
  - El caudal máximo que pueda evacuar una alcantarilla no puede exceder los  $15\text{m}^3/\text{s}$ .
  - La sección transversal no debe superar el área equivalente de una tubería de diámetro de 72 pulgadas.
  - No superar un claro de 6m de longitud.

Existen tipos de bordillos o cunetas que se muestran a continuación:



### Ilustración 8 Secciones típicas de bordillos o cunetas



Fuente: (SIECA, 2011)

#### 2.34 Cunetas

Las cunetas son canales construidos a los extremos de las carreteras, su principal objetivo es captar el agua de la calzada, con el fin de evitar que el agua se acumule y se encharque en la vía, lo cual disminuyen el nivel de servicio y podrían causar problemas de infiltración en las capas de la estructura del pavimento, así como las laderas y taludes de corte.

#### 2.35 Análisis Hidrológico

Es de suma importancia siempre realizar un estudio hidrológico previo que nos ayude a diseñar de manera eficiente las estructuras de drenaje. Hay varios especialistas en la rama de la hidrología que se enfocan mucho en tres propiedades de las lluvias, la intensidad de lluvia que cae sobre la zona, el tiempo transcurrido o duración de lluvia y la frecuencia que se va a dar en un número de años una combinación de intensidad y duración.

Para efectuar el análisis hidrológico, es necesario iniciar con la determinación fisiográfica de la cuenca. Esto requiere el uso de información topográfica, la cual se encuentra en diferentes escalas por región.

### 2.36 Cuenca

La cuenca, como sistema, está conformada por componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropogénicos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y deben mantenerse en equilibrio entre sí, ya que, al afectarse a uno de ellos, se produce un desequilibrio ambiental que podría poner en peligro el sistema en sí. (Revistas CFIA, 2018)

### 2.37 Curvas de intensidad duración y frecuencia

Las CIDF son rectas que resultan al unir puntos representativos de la intensidad media en intervalos de duración, y ellos corresponden a una misma frecuencia o periodo de retorno.

“Según Nazaret Rojas Morales (2011), explica que las CIDF corresponden a una representación gráfica de la relación entre la intensidad de precipitación, la duración y el período de retorno o frecuencia de la precipitación”.

También las curvas IDF son una herramienta que permite la estimación de crecidas en las cuencas hidrográficas, esto para predecir la intensidad, duración y frecuencia de la precipitación en la zona.

### 2.38 Método racional

El caudal de diseño se calcula por el método racional, este asume una situación crítica con lo que brinda un valor de caudal máximo, por lo que se asume que todas las partes del área tributaria están drenando agua durante la precipitación máxima, además se debe considerar la distancia que necesita la gota más alejada del área tributaria para llegar al punto en estudio.

De igual manera “Manuel Gómez Valerin (2017) dice que de un modo particular en el método racional el coeficiente de escorrentía puede expresarse como la relación entre las intensidades medias de la lluvia efectiva y total, también como el caudal máximo por unidad de área y por unidad de intensidad media de lluvia total”.

### 2.39 Periodo de retorno

“Según (Gamboa,1969) dice que la estadística hidrológica del periodo de retorno es la cantidad de años entre el suceso de una tormenta de determinada intensidad y la ocurrencia de otra de igual o mayor intensidad, también afirma algunos posibles efectos de drenajes según el tipo de carretera”.

- Carretera urbana principal: Es de suma importancia un adecuado drenaje de aguas para una carretera principal por el importante flujo vehicular que surge, ya que, al poseer un volumen tan alto de vehículos, el desgaste en el pavimento es muy notorio. Se considera para este tipo de carreteras diseñar con valores de aproximadamente 20 a 50 años.
- Carreteras rurales: De igual manera estos diseños serán basados en inundaciones de periodos de 5 a 25 años.

Tabla 1 Tiempo de Periodo de retorno

• Tipo de drenaje	Periodo de diseño (años)			
	Autopistas		Carreteras	
	Avenidas Urbanas	Rurales	velocidad de diseño	
Pontones			40-100 km/h	25-60 km/h
	50	50	50	25
Alcantarillas de sección transversal mayor a 4 m <sup>2</sup>	50	25	25	10
Alcantarillas de sección transversal menor a 4 m <sup>2</sup>	25	25	15	10

Fuente: (Gamboa, 1969)

#### 2.40 Intensidad de lluvia

Se define como la cantidad de lluvia que cae en una zona en específica por unidad de tiempo. La frecuencia con la que la lluvia cae es variable durante el año.

#### 2.41 Tiempo de concentración

“Según la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial afirma, que el tiempo de concentración está formado por dos componentes, el tiempo de entrada requerido para que el escurrimiento llegue al primer tragante y el tiempo de recorrido dentro de la tubería entre los pozos consecutivos correspondientes al tragante. El tiempo de recorrido en un tramo de tubería se debe calcular respetando las velocidades máximas y mínimas establecidas para sistemas pluviales”.

#### 2.42 Coeficiente de escorrentía

Se define como la cantidad que se escurre y la precipitación, esto dependerá del tipo de suelo y la vegetación que se encuentre en la misma.

En las siguientes tablas del Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura vial en Centroamérica, se establecen valores recomendados para tomar en consideración para los coeficientes de escorrentía:

#### 2.43 Diseño de pavimentos

#### 2.44 Pavimento

Un pavimento es una estructura integrada por diferentes materiales, en espesores definidos y con condiciones de drenaje.

#### 2.45 Carpeta asfáltica

Esta es la capa de la estructura del pavimento, esta es la encargada de recibir directamente las cargas vehiculares y provee una superficie de rodamiento para los vehículos.

#### 2.46 Base

Esta es la capa que se encuentra debajo de la capa asfáltica y sobre la sub base granular, está conformado por materiales granulares como arena, piedra triturada y grava. Previamente el material debe ser estabilizado para que cumpla las especificaciones técnicas propuestas.

#### 2.47 Sub base granular

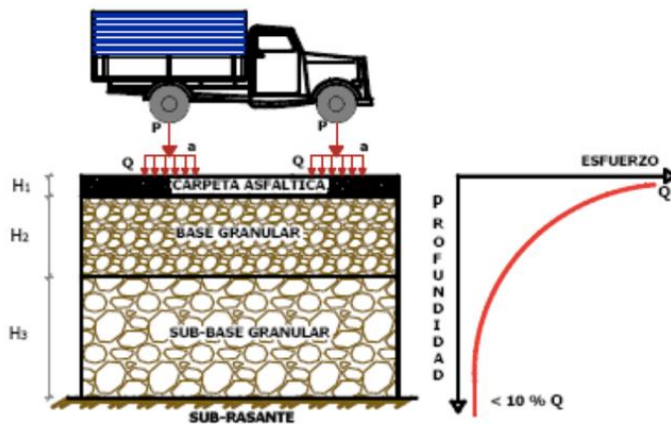
Esta capa de material granular se encuentra entre la base y la sub rasante, este absorbe en menor cantidad los esfuerzos que en la base. El CBR que se utiliza es de 28-51%.

#### 2.48 Sub rasante

Se define como la estructura que se encarga de soportar todo el elemento estructural del pavimento a lo largo del diseño horizonte.

A continuación, se muestra una ilustración de las partes que conforman la estructura del pavimento flexible con su debida curva de cómo el esfuerzo es absorbido a mayor profundidad entre sus capas.

### Ilustración 9 Estructura del pavimento



Fuente: Apuntes de las clases de diseño de Pavimentos, 2019)

#### 2.49 Señalización vial

La señalización vial en las carreteras es muy importante, ya que permite la regulación del tránsito de manera que garantice el traslado de manera ordenada y seguro, esto forma parte de un lenguaje que los conductores deben saber.

En Costa Rica existen tres tipos básicos del señalamiento vial y dos complementarios:

- Señalamiento vertical.
- Señalamiento horizontal.
- Señalamiento luminoso.
- Señalamiento sonoro o acústico.
- Señalamiento manual.

#### 2.50 Señales horizontales

Según el Manual del conductor (2013) afirma que estas son láminas ubicadas en postes o lugares elevados. Informan al conductor o peatón mediante leyendas o símbolos y, generalmente, son placas metálicas de aluminio u otro material, colocadas en postes de metal o madera.

Existen tres tipos de señales verticales:

- Reglamentación.
- Prevención.
- Información.

### 2.51 Señales de reglamentación

Indican al conductor o peatón las obligaciones y normativas que se deben de cumplir. Este tipo de señales se caracterizan propiamente porque tiene forma rectangular y en la parte superior llevan un círculo rojo, que indica el tipo de restricción, salvo algunas excepciones.

Ilustración 10 Tipos de señales de reglamentación



Fuente: (Manual de educación y seguridad vial, 2013)

### 2.52 Señales de prevención

Este tipo de señales advierten al conductor sobre algún peligro, u obstáculo en la vía, de esta manera se exige que el conductor que mantenga la precaución.

Las señales de prevención están hechas de láminas cuadradas, con esquinas redondeadas y son de color amarillo con la leyenda o el símbolo de color negro.





## 2.54 Señalamiento Horizontal

Las señales horizontales son las que se pintan sobre la calzada, borde la acera y en el espaldón. Las marcas que se pintan en el pavimento son para la regulación del tránsito en la vía. En este tipo de señalización se dividen en tres colores:

## 2.55 Altura de la señalización

Según el (CONASET, 2015) dice que La altura de la señal debe asegurar su visibilidad. Por ello la elevación correcta queda definida, en primer lugar, por los factores que podrían afectar dicha visibilidad, como altura de vehículos en circulación o estacionados, crecimiento de la vegetación existente, o la presencia de cualquier otro obstáculo. En segundo lugar, debe considerarse la geometría horizontal y vertical de la vía.

## 2.56 Señalamiento Luminoso

Estas señales luminosas son los llamados semáforos con el fin de regular el paso de los vehículos, peatones y evitar accidentes de tránsito.

Existen varios tipos de dispositivos luminosos:

- Semáforos vehiculares.
- Semáforos peatonales.
- Semáforos de prevención

## 3 Marco metodológico

### 3.1 Paradigma

En la Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales Tecnología En Topografía Bogotá D.C, se realizó un proyecto de tesis sobre la Propuesta de Diseño Geométrico Vial de una Intersección en la Avenida Ciudad de Cali con calle 72, Bogotá.

Dicho proyecto fue elaborado por los ingenieros: Ana Carolina García García, Jonathan Ricardo Herrera Restrepo. En la observación del proyecto involucra todos los parámetros de diseño de las carreteras en el cual contempla: el diseño geométrico, el diseño del alcantarillado pluvial, teniendo en cuenta el análisis Hidrológico, Hidráulico, de igual manera el diseño de la estructura del pavimento.

### 3.2 Enfoque cuantitativo

El enfoque de este proyecto es de carácter cuantitativo, ya que el proyecto se rige a base de interpretación numérica para la obtención de datos por medio de un análisis de observación. Cabe resaltar que se necesita información, que nos va a llevar a la utilización de fórmulas para el cálculo del sistema pluvial y el diseño de pavimentos y el tipo de diseño geométrico por proponer.

### 3.3 Técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de los datos

### 3.4 Criterios de diseño

Para la elaboración del diseño geométrico es necesario aplicar lo que dictan las leyes o reglamentos, en este caso el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, del SIECA, el cual fue preparado por consultores y regionales Centroamericanos seleccionados a base de un concurso internacional y fueron acompañados por funcionarios técnicos y la secretaria ejecutiva de la Cepredenac, quienes conformaron un grupo técnico y regional para el avalúo y diseño geométrico en carreteras.

### 3.5 Topografía del terreno

La topografía es proporcionada por la municipalidad de Santa Cruz con los puntos de nivel que se utilizarán con AutoCAD CIVIL 3D 2018, en el cual podrá iniciar con los diseños alineamientos y alcantarillados.

En el proyecto lo que existe actualmente es un camino de lastre que es la Avenida 1 y la Avenida central que cuenta con asfalto, en el cual se realizará un nuevo diseño base, sub base y carpeta asfáltica.

### 3.6 Instrumentos para los procesamientos y análisis de los datos

Para este proyecto se utilizará la herramienta Autodesk Civil 3D, en la cual los parámetros de diseño serán introducidos, estos obtenidos de los manuales, de manera que se pueda representar la calzada, aceras, cordón y caño, entre otros planos en 3D, la propuesta. De esta forma se tendrá una mejor claridad de cómo era el proyecto terminado.

Para el proyecto solo se tomará en consideración únicamente las normas de diseño de alcantarillado pluvial, ya que en el diseño de tuberías pluviales se contempla el diseño, por este motivo se utilizará como referencia la norma mencionada anteriormente.

Para ello se utilizará una hoja de Excel del diseño del alcantarillado pluvial igualmente se una hoja de Excel de diseño de alcantarillado pluvial de Acueductos y Alcantarillados, ya que las municipalidades del país se rigen por acueductos y alcantarillados.

### 3.7 Diseño geométrico

### 3.8 Alineamiento vertical

De igual forma también el manual menciona que el alineamiento vertical de una carretera está controlado por la topografía del área donde se desea elaborar el proyecto, el diseño del alineamiento, la velocidad de diseño correspondiente según la clasificación de la carretera, drenajes y costos de la construcción.

Tabla 2 Clasificación del terreno en función de las pendientes naturales

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes P (%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

Fuente: (SIECA, 2011)

El cuadro nos permite identificar que en el terreno plano se cuenta con pendientes por debajo del 5% y estas cuentan con una visibilidad muy extensa, esto permite que los vehículos pesados siempre mantengan la velocidad igual a la de los vehículos livianos.

Los terrenos ondulados cuentan con pendientes ascendentes y descendentes de 5% al 15%, esto nos dice que las pendientes en las calles pueden ser bajas o elevadas, ya que cuenta con irregularidades en el terreno, esto provoca que los vehículos tiendan a reducir su velocidad.

Los terrenos montañosos tienen la característica de que presentan cortes y rellenos, estos se requieren para poder tener un alineamiento vertical y horizontal óptimo, también esto genera que la construcción sea más costosa por el movimiento de tierras.

Este tipo de terreno obliga a los vehículos a siempre mantener una velocidad moderada ya que cuenta con pendientes más pronunciadas entre el 15% y 30%.

### 3.9 Pendientes máximas

Para la asignación del valor de la pendiente máxima se debe saber qué tipo de carretera es la que se va a trabajar en este caso, en las siguientes tablas se mostrarán los valores para las calles colectoras rurales y urbanas:

Tabla 3 Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales

TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9	9	9	9	8	7	7	6
Lomerío	12	12	11	10	9	8	8	7
Montañoso	14	13	12	12	11	10	10	9

Fuente: (SIECA, 2011)

Tabla 4 Pendiente máxima para carretera rural, local

TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9	8	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	12	11	11	10	10	9	8	7	6
Montañoso	17	16	15	14	13	12	10	10	

Fuente: (SIECA, 2011)

### 3.10 Clasificación vehicular

A continuación, la siguiente tabla muestra las características de diseño de vehículos en Centroamérica:

Ilustración 13 Vehículos de diseño

Vehículo de Diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB1	WB2
Vehículo Liviano	P	1.30	2.10	5.80	0.90	1.50	3.40	
Camión	SU	4.10	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	
Bus	BUS-14	3.70	2.60	12.20	1.80	2.60	7.30	
Bus Articulado	A-BUS	3.40	2.60	18.30	3.10	6.70	5.90	
Cabecal con Semirremolque	WB-15	4.10	2.60	16.80	0.60	4.50	10.80	
Cabecal con Semirremolque	WB-19	4.10	2.60	20.90	0.90	0.60	4.50	10.80
Cabecal con Semirremolque	WB-20	4.10	2.60	22.40	1.20	1.40-0.80	6.6	13.20- 13.80

Fuente: (SIECA, 2011)

### 3.11 Velocidad del diseño

Hay diferentes tipos de velocidades de diseño, esto depende mucho del nivel de servicio que ofrece la carretera, a continuación. En este caso la velocidad de diseño del proyecto, a petición la municipalidad de Santa Cruz de Guanacaste el diseño debe ser de 40 km/h ya que es una calle con bajo flujo vehicular y son calles que conectan con el centro de Santa Cruz.

Tabla 5 Valores de velocidad de diseño, según el nivel de servicio

Categoría de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo Vtr (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Fuente: (INVIAS, 2008)

### 3.12 Radios mínimos

Para el cálculo de los radios mínimos se muestra en la siguiente fórmula, de igual manera se muestran las tablas de los radios mínimos:

Ecuación 1

$$R_{cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127x(e_{m\acute{a}x} + f_{Tmax})}$$

Donde se definen los siguientes prefijos:

- El radio mínimo ( $R_{Cmín}$ )
- Velocidad Específica ( $V_{CH}$ )
- Peralte máximo ( $e_{máx}$ )
- Coeficiente de fricción transversal máxima ( $f_{Tmáx}$ )

Ilustración 14 Radios mínimos para peralte máximo  $e_{max}= 4\%,6\%$  fricción máxima

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 4%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 6%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	8.1	8	143°14'	7.7	8	143°14'
30	0.28	22.1	22	52°05'	20.8	21	54°34'
40	0.23	46.7	47	24°23'	43.4	43	26°39'
50	0.19	85.6	86	13°19'	78.7	79	14°30'
60	0.17	135.0	135	08°29'	123.2	123	09°19'
70	0.15	203.1	203	05°39'	183.7	184	06°14'
80	0.14	280.0	280	04°06'	252.0	252	04°33'
90	0.13	375.2	375	03°03'	335.7	336	03°25'
100	0.12	492.1	492	02°20'	437.4	437	02°37'
110	0.11				560.4	560	02°03'
120	0.09				755.9	756	01°31'

Fuente: (SIECA, 2011)

### 3.13 Curvas en cresta

Las curvas cresta se basan con criterio de distancia de visibilidad para poder así realizar una maniobra de adelantamiento o de parada, a estas curvas se les conoce con el prefijo de (S). Para elegir el criterio correcto se debe seguir las recomendaciones del manual del SIECA, 2011 las cuales nos muestra los valores para una velocidad de 40 km/h.



Ilustración 15 Valores de cresta para distancia de velocidad de adelantamiento

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento	Tasa de curvatura vertical (K)
30	120	17
40	140	23
50	160	30
60	180	38
70	210	51
80	245	69
90	280	91
100	320	119
110	355	146
120	395	181
130	440	224

Fuente: (SIECA, 2011)

Ilustración 16 Distancia de parada en una cresta

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada	Tasa de curvatura vertical (K)	
		Calculado	para diseño
20	20	0,6	1
30	35	1,9	2
40	50	3,8	4
50	65	6,4	7
60	85	11	11
70	105	16,8	17
80	130	25,7	26
90	160	38,9	39
100	185	52	52
110	220	73,6	74
120	250	95	95
130	285	123,4	124

Fuente (SIECA; 2011)

### 3.14 Curvas en columpio

Para la curva vertical en columpio existen cuatro criterios para el cálculo de la longitud de curva los cuales se muestra a continuación:

- El primer criterio se basa en la distancia de la iluminación de los faros delanteros del vehículo.
- El confort en la conducción en un cambio de pendiente.
- Sistemas de drenajes adecuados para la carretera.
- De igual manera se basa en las características propias de la carretera en manera estética.

A continuación se muestran los valores de k para las crestas en columpio.

Ilustración 17 Control de diseño para las curvas verticales en columpio

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Tasa de curvatura vertical K	
		Calculada	Para diseño
20	20	2,1	3
30	35	5,1	6
40	50	8,5	9
50	65	12,5	13
60	85	17,3	8
70	105	22,6	23
80	130	29,4	30
90	160	37,6	38
100	185	44,6	45
110	220	54,4	55
120	250	62,8	63

Fuente: (SIECA, 2011)

### 3.15 Diseño Hidrológico

Los siguientes pasos explican cómo se lleva a cabo un diseño hidrológico, basándose en el Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas.

### 3.16 Cálculo de la intensidad de lluvia

Para determinar la intensidad de lluvia se va a utilizar la ecuación dada por la municipalidad de Santa Cruz de un proyecto que se realizó anteriormente cercano a la zona de proyecto. Este informe como tal no pudo ser entregado por parte de la municipalidad por ser un documento confidencial. Esta ecuación se obtuvo de la estación 74-53 suministrada por el instituto meteorológico nacional. En los anexos se suministra la carta entregada por la municipalidad.

Ecuación 2

$$i = 184.40 * \frac{T^{0.108}}{D^{0.247}}$$

Donde se definen los siguientes prefijos:

- T: Tiempo en años
- D: Duración

### 3.17 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de la lluvia que debe considerarse para la determinación de la intensidad y el caudal de un alcantarillado pluvial, debe ser como mínimo de diez (10) minutos, al inicio de cada ramal que tenga un pozo donde se realice un aporte de escorrentía.

La fórmula más utilizada es la fórmula de Kripich-Ramser, esta fórmula se utiliza del manual del SIECA:

Ecuación 3

$$D = 0,0195 * \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^2$$

Donde se definen los siguientes prefijos:

- D: Tiempo de concentración (minutos).
- L: Longitud del cauce principal (m)
- $\Delta H$ : Diferencia de altura (m)

### 3.18 Método Racional

El método racional es utilizado en el diseño de drenajes urbanos y de carreteras y su aplicación está en función de la superficie de la cuenca.

El método se limita a cuencas con superficies hasta de 20km<sup>2</sup>, dependiendo de las condiciones que rige el proyecto en cada uno de los países.

La expresión para determinar el caudal máximo viene dada por:

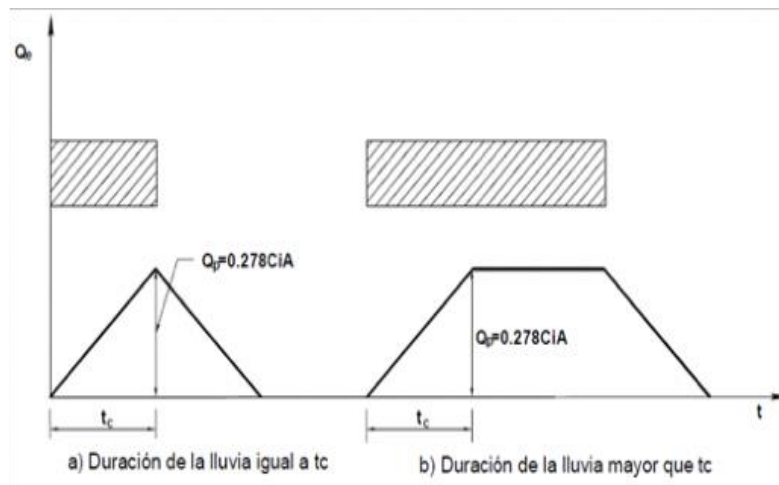
Ecuación 4

$$Q = 0.278C_l A$$

Donde se definen los siguientes prefijos:

- Q: Es la descarga máxima, en m<sup>3</sup>/s.
- C: Es el coeficiente de escorrentía, adimensional.
- I: Es la intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.
- A: Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>.

### Ilustración 18 Duración de lluvia aplicando el método racional



Fuente: Normas y Lineamientos Técnicos para las instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Alcantarillado Sanitario y Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro, mayo 2010)

Según David B. Thompson (2006) “La aplicación del método racional se basa en una fórmula simple que relaciona el potencial de escorrentía de la cuenca, la intensidad promedio de la lluvia durante un período de tiempo determinado (el tiempo de concentración)”

El caudal se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 5

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde se definen siguientes prefijos:

- Q: Caudal de escorrentía (m<sup>3</sup>/s).
- I: Intensidad de la lluvia de diseño (mm/hora).
- A: Área a drenar (hectáreas).
- C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

Según la Norma Diseño y Construcción Sistemas Agua, Saneamiento y Pluvial del AYA (2017) para calcular el caudal del diseño se debe presentar el detalle de las áreas tributarias y su correspondiente de distribución espacial basado en la topografía del sitio del proyecto y considerando los aportes externos al proyecto.

Ilustración 19 Coeficientes de escorrentía recomendados para el método racional (Chow, Maidment, y Mays, 1994)

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 – 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 – 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de Cultivo							
Plano, 0 – 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 – 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0 – 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 – 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: (SIECA, 2016)

### 3.19 Diseño Hidráulico

Según la Norma Diseño y Construcción Sistemas Agua, Saneamiento y Pluvial del AYA (2017), establece que el diseño de un sistema de drenajes lleva también el diseño de estructuras mediante las cuales se pueda dar la captación, conducción y evacuación del agua pluvial, impidiendo la ocurrencia de inundaciones y protegiendo a las poblaciones aledañas.

Para el coeficiente de escorrentía se deben aplicar los valores que se indican de la ilustración 17, según corresponda a cada caso. Es importante tomar en cuenta el periodo de retorno de 25 años como el mínimo, para un sistema de alcantarillado pluvial.

### 3.20 Drenaje longitudinal

Este tipo de drenaje es también conocido como cuneta o bordillo, “Según el Manual del SIECA (2011). La capacidad de una cuneta depende de su forma, pendiente y rugosidad. Si se conocen las pendientes transversal y longitudinal de la calle, la cuneta puede representarse como un canal abierto de sección triangular y su capacidad hidráulica puede estimarse con la fórmula de Manning de flujo uniforme”. Esta ha sido usualmente representada mediante el nomograma de IZZARD que resuelve la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$Q_0 = 0.375 * \sqrt{l} * \left(\frac{z}{n}\right) * y_0^{\frac{8}{3}}$$

Donde se definen los siguientes prefijos:

- $Q_0$ : Caudal en la cuneta, en  $m^3/s$ .
- $L$ : pendiente longitudinal.
- $1/z$ : Pendiente transversal.
- $y_0$ : Profundidad de flujo, en m.

Con respecto a los valores de  $n$  se debe tomar en cuenta que estos se deben considerar con su debido incremento según las características del material de la cuneta, por lo que en la siguiente tabla se presentan algunos valores característicos de  $n$ .

Ilustración 20 coeficiente de rugosidad de Manning (Chow, 2004)

TIPO DE SUPERFICIE	"n"
Cuneta de hormigón con buen acabado	0.012
Revestimiento de asfalto con textura lisa	0.013
Revestimiento de asfalto con textura áspera	0.016
Revestimiento con lechada de cemento	
a) Acabado con frotachado	0.014
b) Acabado manual alisado	0.016
c) Acabado manual áspero	0.020
Revestimiento con adoquines	0.020
Cunetas con pequeñas pendientes longitudinales (hasta 2 %) sujetas a la acumulación de sedimentos, los valores "n" indicados deben ser incrementados en + 0.002 a 0.005	n

Fuente: (SIECA, 2016)

### 3.21 Caudal

Para el cálculo del caudal, se utiliza la formulación racional modificada:

Ecuación 7

$$Q = C_i \frac{L}{3600000}$$

Donde se definen los siguientes prefijos:

- $C$ : coeficiente de escorrentía por zona, calzada, talud y cuenca.
- $I$ : intensidad mm/hr también por zona.
- $L$ : longitud, en metros por zona.



### 3.22 Ecuación de Manning

Según el manual del (JICA, 2016) Para el diseño por medio de la ecuación de Manning, un aspecto importante por tener en cuenta para realizar el diseño hidráulico por medio de la ecuación de Manning es asegurar que este trabaje como un canal abierto.

Por consiguiente, es necesario establecer una altura máxima del nivel de agua en la tubería, inferior al diámetro de esta, y se asume que el flujo es uniforme.

Se recomienda que el tirante máximo de la alcantarilla no sobrepase los 2/3 del diámetro de la alcantarilla, pero este valor puede variar según las especificaciones de cada país, los cuales en la región varía entre  $0.8d$  y  $0.9d$ , donde  $d$  es el diámetro de la alcantarilla.

La ecuación de Manning para obtener la velocidad del flujo y el caudal para una condición de régimen uniforme es mediante la siguiente relación:

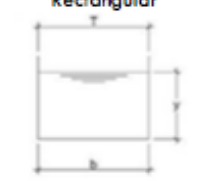

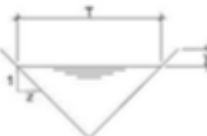
Ecuación 8

$$v = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde se definen los siguientes prefijos:


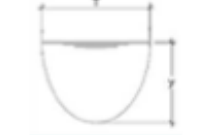
- $v$ : la velocidad del flujo, en m/s.
- $n$ : el coeficiente de rugosidad de Manning, cuyos valores recomendados pueden obtenerse de las tablas a continuación.
- $R_h$ , el radio hidráulico, en m.
- $S$ , la pendiente del conducto, en m/m.

Ilustración 21 Fórmulas para la obtención de parámetros geométricos de distintas secciones de canal

SECCIÓN	ÁREA HIDRÁULICA (A)	PERÍMETRO MOJADO ( $P_m$ )	RADIO HIDRÁULICO ( $R_h$ )	ESPEJO DE AGUA (T)
<p>Rectangular</p> 	$by$	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	$b$
<p>Trapezoidal</p> 	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$
<p>Triangular</p> 	$zy^2$	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$

Fuente: (SIECA, 2016)

Ilustración 22 Fórmulas para la obtención de parámetros geométricos de distintas secciones de canal

SECCIÓN	ÁREA HIDRÁULICA (A)	PERÍMETRO MOJADO ( $P_m$ )	RADIO HIDRÁULICO ( $R_h$ )	ESPEJO DE AGUA (T)
<p>Circular</p> 	$\frac{(\theta - \sin \theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)\frac{D}{4}$	$\frac{\left(\frac{\sin \theta}{2}\right)D}{2\sqrt{y(D - y)}}$
<p>Parabólica</p> 	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: (SIECA, 2016)

### 3.23 Velocidad de flujo

Una vez establecida la velocidad del flujo, por medio de la ecuación de continuidad se determina la capacidad del conducto. Esta última se expresa de la manera siguiente:

Ecuación 9

$$Q = vA$$

Donde se definen los siguientes prefijos:

- Q: caudal en  $m^3/seg$ .
- A: el área hidráulica del conducto en  $m^2$ .
- v: es la velocidad del flujo, resultado de la aplicación de la fórmula de Manning.

Ilustración 23 Coeficientes n de Manning adaptado de (Chow, 2004)

TIPO DE CANAL Y DESCRIPCIÓN	MINIMO	NORMAL	MÁXIMO
<b>Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos</b>			
<b>Metal</b>			
Acero			
Estrizado soldado	0.010	0.012	0.014
Ribeteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
Hierro fundido			
Recubierto	0.010	0.013	0.014
No recubierto	0.011	0.014	0.016
Hierro forjado			
Negro	0.012	0.014	0.015
Galvanizado	0.013	0.016	0.017
Metal corrugado			
Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
<b>No metal</b>			
Cemento			
Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
Mortero	0.011	0.013	0.015
Concreto			
Alcantarilla recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	0.013	0.014
Bien terminado	0.011	0.012	0.014
Alcantarillas de aguas residuales	0.013	0.015	0.017
Otros valores de coeficiente de Manning pueden consultarse en Hidráulica de Canales Abiertos (Chow, 2004) u otra referencia.			

Fuente: (SIECA, 2016)

Tabla 6 Velocidades máximas admisibles (m/s) en conductos revestidos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Perú, 2008)

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (m/s)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

Fuente: (SIECA, 2016)

### 3.24 Velocidad mínima

De igual según el manual del (SIECA,2016), dice que se deberá verificar que la velocidad mínima del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una reducción de su capacidad hidráulica, recomendándose que la velocidad mínima dependerá del tipo de material de la alcantarilla y para evitar efectos de sedimentación se recomienda un valor mínimo de 0.5 m/s, o el valor que se recomiende según el tipo de proyecto (debidamente justificado) o el valor dado según especificaciones de cada país. A continuación, se presenta una tabla con valores máximos recomendados de velocidades de flujo según el tipo de material donde se desplaza.

Tabla 7 Velocidades máximas admisibles, en canales no revestidos

TIPO DE TERRENO	FLUJO INTERMITENTE	FLUJO PERMANENTE
	(m/s)	(m/s)
Arena fina (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla arenosa (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla limosa (no coloidal)	0.9	0.9
Arcilla fina	1.0	1.0
Ceniza volcánica	1.2	1.0
Grava fina	1.5	1.2
Arcilla dura (coloidal)	1.8	1.4
<b>Material graduado (no coloidal)</b>		
Desde arcilla a grava	2.0	1.5
Desde limo a grava	2.1	1.7
Grava	2.3	1.8
Grava gruesa	2.4	2.0
Desde grava a piedras (<15 cm)	2.7	2.1
Desde grava a piedras (> 20 cm)	3.0	2.4

Fuente: (SIECA, 2016)

### 3.25 Diseño de pavimento

### 3.26 Factor camión

Para el diseño de pavimentos se debe utilizar con el método AASHTO 93 y la Normativa del MOPT DVOP-5170-07, se explicará paso a paso, el cálculo del factor camión:

La normativa del (MOPT DVOP-5170-07,2007): Nos dice el siguiente para los factores camión para la estimación de ejes equivalentes simples de 8.2 toneladas de diseño serán determinados de acuerdo con la tabla a continuación. En general se deberán aplicar los factores promedio, salvo mejor criterio del diseñador, que deberá indicar las razones para aumentar o disminuir los factores camiones correspondientes. Para vehículos no contemplados por la tabla se podrá considerar otros factores camión: indicando en cada caso la referencia o el criterio técnico.

Tabla 8 Factor Camión

Vehículo	Factor camión		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Pick-up	0.01	0.02	0.01
C2-eje simple trasero	0.01	0.07	0.26
C2-eje tándem trasero	0.26	0.63	0.47
C3	0.99	1.28	1.10
Bus	1.25	2.29	1.71
T3-S2	1.51	2.38	1.71
Livianos		0.005	

Fuente: (MOPT DVOP-5170-07,2007)

### 3.27 Factor de crecimiento

En esta tabla se obtiene el valor del valor de crecimiento del 5,02.

Ilustración 24 Factor de crecimiento

RUTA	SECCIÓN	ESTACIÓN	AÑO	TPD	LIVIANO	CARGA LIV.	BUS	C.2 EJES	C.3 EJES	C.4 EJES	C.5+ EJES	TPD estim 2014	% CRECIMIENTO	TIPO
18	51110	721	2011	3749	52,54	21,78	2,35	9,53	2,28	0	11,52	4549	5,65	ASOCIADA
18	50742	722	2011	4075	58,28	23,4	2,16	9,01	2,13	0	5,02	5397	7,43	PRINCIPAL
18	50741	722	2011	4075	58,28	23,4	2,16	9,01	2,13	0	5,02	5397	7,43	ASOCIADA
21	50081	509	2010	9804	64,73	21,97	4,42	7,14	0,65	0	1,09	12513	4,18	PRINCIPAL
21	50082	549	2010	10695	64,66	21,77	4,91	6,93	0,72	0	1,01	13661	4,34	PRINCIPAL
21	50091	788	2010	7503	62,53	22,84	4,63	8,1	1,05	0	0,85	9523	4,7	PRINCIPAL
21	50092	425	2010	6932	63,09	24,05	3,9	6,94	0,8	0	1,22	9490	5,49	PRINCIPAL
21	50093	425	2010	6932	63,09	24,05	3,9	6,94	0,8	0	1,22	9490	5,49	ASOCIADA
21	50100	790	2010	12404	69,76	19,86	2,58	6,12	1,11	0	0,57	13306	1,58	PRINCIPAL
21	50120	789	2010	6081	65,23	20,39	3,27	7,93	1,89	0	1,29	7596	5,02	PRINCIPAL

Fuente: MOPT, 2015

### 3.28 Factor Horario (FH)

Para obtener este valor se introdujeron los valores de 6 am – 6 pm y se realizó sumándolas para obtener el factor horario de 73,99.

Ilustración 25 Factor horario (FH)

ESTACIÓN	Barbilla	Turrialba	Llanos Cortés	Tempisque	Liberia	Paso Canoas	Playa Hermosa	Muelle	San Juanillo	Caldera	Desmonte	Hda Tenorio
Hora	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0:00 - 1:00	1,38	0,75	0,84	0,72	0,84	0,66	0,88	0,94	0,75	0,86	0,46	0,65
1:00 - 2:00	0,94	0,5	0,58	0,57	0,52	0,44	0,63	0,64	0,55	0,67	0,31	0,39
2:00 - 3:00	0,76	0,41	0,49	0,65	0,37	0,36	0,48	0,55	0,65	0,72	0,31	0,52
3:00 - 4:00	0,76	0,54	0,68	1,14	0,44	0,47	0,57	0,47	1,24	1,17	0,31	0,78
4:00 - 5:00	1,2	1,49	1,42	2,36	0,93	0,77	1,03	1,02	2,19	2,25	0,31	1,57
5:00 - 6:00	2,78	3,07	2,92	4,1	2,29	2,01	2,22	2,35	3,39	4	1,23	3,26
6:00 - 7:00	4,71	5,35	4,43	4,83	4,03	3,55	3,99	4,57	4,7	5,15	2,93	4,57
7:00 - 8:00	5,25	5,43	5,32	5,24	5,2	4,71	4,87	5,29	5,03	5,58	3,85	5,09
8:00 - 9:00	5,3	5,31	5,6	5,59	5,99	4,95	5,47	5,29	5,16	5,2	4,31	5,61
9:00 - 10:00	5,35	5,27	5,88	5,89	5,62	5,51	5,87	5,51	5,35	5,49	4,78	6,14
10:00 - 11:00	5,35	5,35	6,02	6,23	5,97	5,92	6,1	5,68	5,68	5,75	5,24	5,87
11:00 - 12:00	5,53	5,43	6,13	6,27	6,38	6,22	6,41	5,72	5,65	5,88	5,39	5,87
12:00 - 13:00	5,73	5,51	6,23	6,34	6,41	6,5	6,55	5,8	5,87	6,24	5,39	6,01
13:00 - 14:00	5,73	5,76	6,37	6,76	6,45	6,61	6,64	5,93	6,27	6,49	5,55	6,53
14:00 - 15:00	6,01	6,3	6,79	6,95	6,72	7,02	6,92	6,32	6,49	6,45	6,01	6,79
15:00 - 16:00	6,42	6,63	7,02	6,91	6,85	7,02	7,15	6,74	6,72	6,81	7,4	7,05
16:00 - 17:00	6,6	7,14	7,09	6,65	7,12	7,35	7,25	7,13	6,82	6,59	9,71	7,46
17:00 - 18:00	6,72	7,01	6,86	5,93	7,25	7,6	7,01	7,74	6,4	6,12	10,79	7,18

Fuente: MOPT, 2017

### 3.29 Factor diario (FE)

El factor diario se obtuvo ya que el conteo vehicular se realizó el día miércoles en el mes de octubre, obteniendo como valor 1,04%

Ilustración 26 Factor diario (FE)

ESTACIÓN 15 LIBERIA							
CÁLCULO DE FACTORES							
1° ENERO - 31 DE DICIEMBRE DE 2016							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Enero	0,93	0,93	0,91	0,89	0,82	0,84	1,05
Febrero	0,97	0,95	0,94	0,91	0,87	0,92	1,23
Marzo	0,93	0,93	0,90	0,90	0,90	0,89	1,15
Abril	1,03	1,00	0,97	0,95	0,89	0,97	1,27
Mayo	1,04	1,03	1,01	0,97	0,91	1,03	1,32
Junio	1,03	1,02	1,00	0,97	0,92	1,07	1,40
Julio	0,95	0,94	0,92	0,89	0,84	0,86	1,07
Agosto	1,04	1,05	0,99	0,95	0,88	0,99	1,31
Setiembre	1,08	1,07	1,05	1,03	0,93	1,06	1,34
Octubre	1,07	1,05	1,04	1,00	0,92	1,03	1,35
Noviembre	1,17	1,14	1,15	1,17	1,12	1,20	1,54
Diciembre	0,97	0,93	0,89	0,91	0,86	0,95	1,23

Fuente: MOPT, 2017

### 3.30 Ejes equivalentes

Una vez, luego de determinar el factor camino se debe determinar los ejes equivalentes con la siguiente fórmula, del AASHTO 93:

Ecuación 10

$$ESAL = (TPD)(T)(T_f)(G)(D)(L)(365)(Y)$$

En donde se definen los siguientes prefijos:

- *TPD*: Tráfico promedio diario.
- *T*: % de cada tipo de vehículo del estudio del tráfico promedio diario.
- *T<sub>f</sub>* : Factor camión.
- *G* : Factor crecimiento.
- *Y*: Factor vida útil.
- *L*: Factor distribución carril.
- *D*: Determinar la distribución direccional, es un % que depende del TPD.

### 3.31 Factor de crecimiento

Luego se realiza el cálculo para encontrar el factor de crecimiento (G), con la siguiente fórmula:

Ecuación 11

$$G_T = (G)(Y) = \frac{(1 + r)^Y - 1}{r}$$

- r: crecimiento anual %
- Y: Años de vida útil de la carretera.
- G: Factor de crecimiento

Tabla 9 Factor distribución carril L

No. De carriles en cada dirección	Porcentaje de ESAL en carril
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: (AASHTO, 1993)

### 3.32 Módulo de Resiliencia

Para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante ( $M_R$ ), esta se obtiene por medio del CBR del estudio de suelo realizado en la zona. En este método AASHTO, ya que la incertidumbre de la confiabilidad ( $R$ ) debe tomarse en cuenta y se aplica la siguiente fórmula para averiguar el valor del módulo de resiliencia:

Ecuación 12

$$M_R = 1862 \cdot CBR^{0.7125}$$

$M_R$ : Es la capacidad mecánica de la subrasante expresada en términos de su módulo resiliente E.



Con el módulo de resiliencia  $M_R$  encontrando, luego se debe de tomar en cuenta que el módulo resiliente de la subrasante se disminuirá en la época lluviosa y aumentará su valor en la época seca. Siendo esto importante ya que de acá es que se obtendrá el  $M_R$  promedio que es el que se va a utilizar a la hora de realizar el diseño del pavimento. Este se calcula de la siguiente manera:

- 1) Se determina el módulo de resiliencia  $M_R$  de cada época climática del año.
- 2) Luego con el valor de cada  $M_R$  se tiene que calcular el daño relativo con la siguiente fórmula:

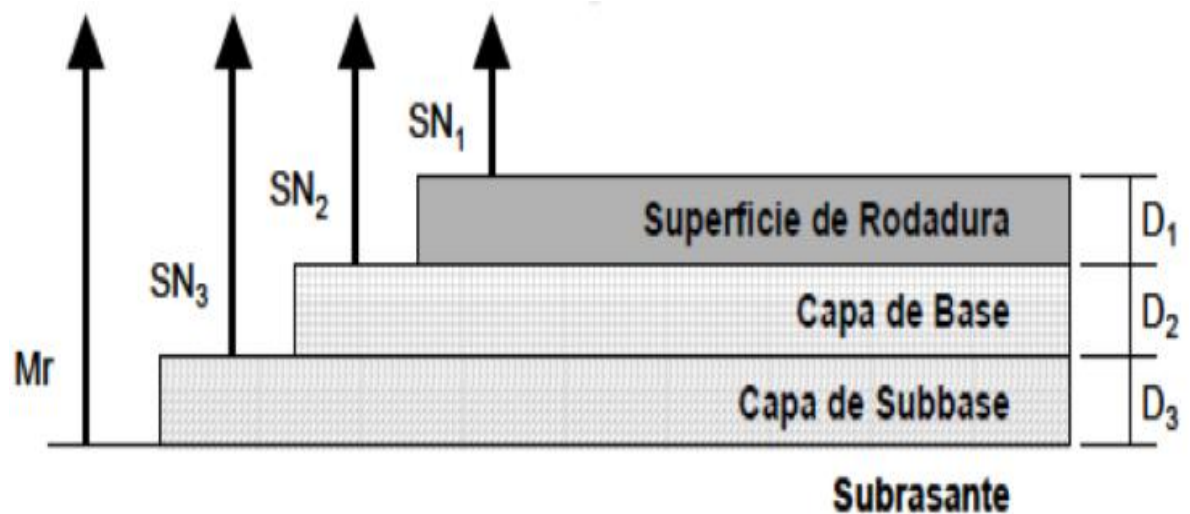
*Ecuación 13*

$$Uf = 1.18 \times 10^8 * M_R^{-2.32}$$

- 3) Después con el valor de cada  $Uf$  este se multiplica respectivamente por la cantidad de meses que dura la época lluviosa y seca en la zona.
- 4) Luego se suman ambos resultados de  $Uf$  y se dividen entre 12, obteniendo así un valor de  $Uf$  promedio.
- 5) Con ese dato de  $u_f$  promedio se procede a calcular el  $M_R$  promedio que se utilizará para el diseño del pavimento.

Con estos datos, se procede a realizar el diseño del pavimento por medio del método de la AASTHO. La cual permite diseñar las siguientes capas:

Ilustración 27 Capas de estructuras del Pavimentos



Fuente: (AASHTO, 1993)

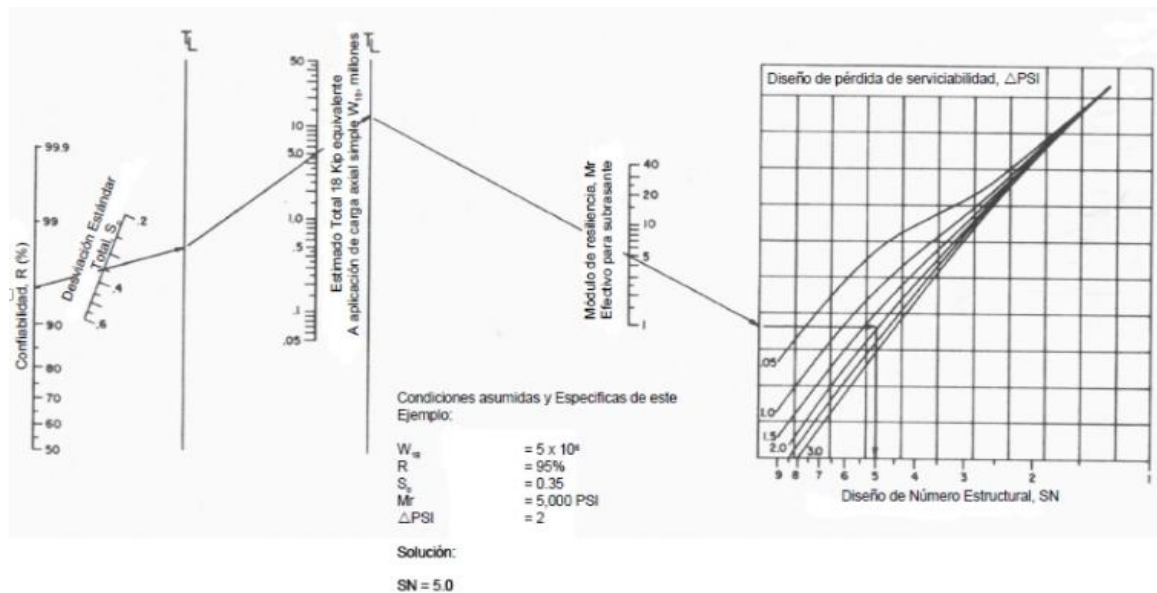
Se necesita cumplir la siguiente relación de que el número estructural total debe ser como mínimo igual o mayor a la suma de los números estructurales de cada capa:

Ecuación 14

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN$$

El número estructural requerido se calcula utilizando un ábaco, el cual es el siguiente:

Ilustración 28 Abaco para calcular la serviciabilidad



Fuente: (AASHTO, 1993)

### 3.33 Confiabilidad (R)

En donde ocupamos saber:

- La confiabilidad ( R ), la cual se obtiene de la siguiente tabla de la normativa del MOPT:

Tabla 10 Niveles de confianza R

Zona	TPD	Nivel de Confianza	Índice de servicio terminal PSI
Rutas primarias	Menor a 500	75	2.0
	Entre 500 y 2000	85	2.5
	Mayor a 2000	90	2.5
Rutas secundarias	Menor a 500	70	2.0
	Entre 500 y 2000	80	2.0
	Mayor a 2000	85	2.5
Rutas terciarias	Menor a 500	70	2.0
	Entre 500 y 2000	75	2.0
	Mayor a 2000	80	2.0

Fuente: (MOPT DVOP-5170-07,2007)

La norma del AASHTO 93 recomienda utilizar valores para la desviación estándar  $S_0$  comprendidos entre los siguientes intervalos:

Tabla 11 Desviación estándar  $S_0$ 

Pavimentos flexibles	0.40-0.50
En construcción nueva	0.35-0.40
Sobre capas	0.50

Fuente: (AASHTO, 1993)

### 3.34 Servicialdad ( $\Delta$ PSI)

- La pérdida de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI): compuesta de la siguiente fórmula;

Ecuación 15

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

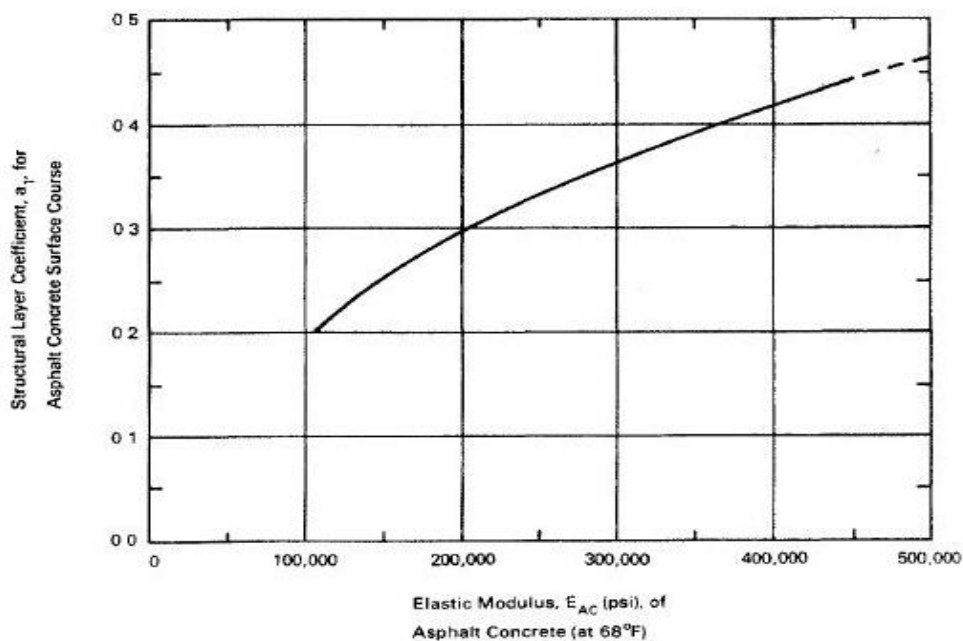
Donde:

$P_o$ : serviciabilidad inicial, la cual la ASSHTO recomienda utilizar los siguientes valores:

- $P_o = 4.2$  para pavimentos flexibles
- $P_t$ : Serviciabilidad terminal, la cual se determina por medio de la tabla de la normativa del MOPT.

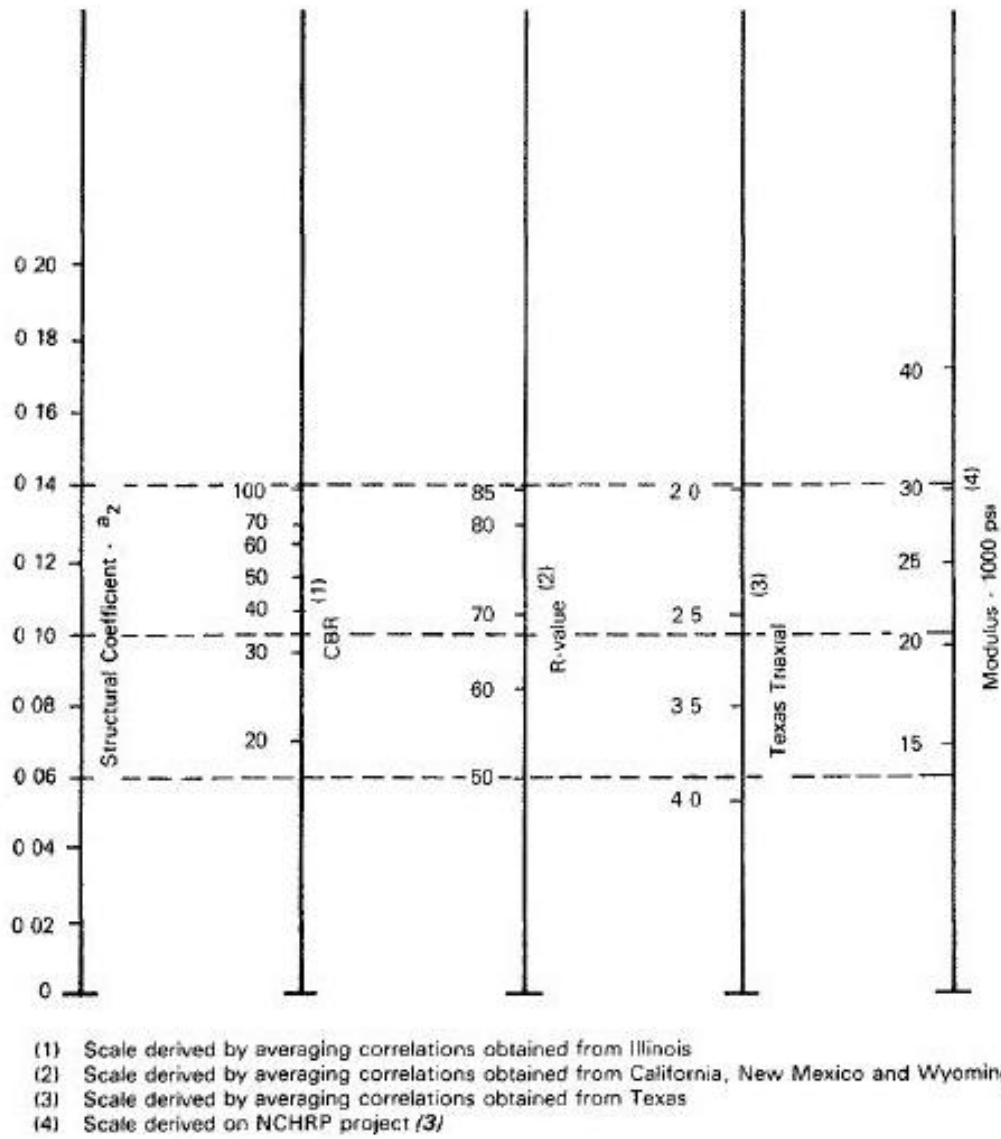
En este paso se debe determinar los coeficientes estructurales de cada capa, esto se realiza por medio de unos Nomogramas de la AASHTO 93:

Ilustración 29 Coeficiente estructural de la capa asfáltica



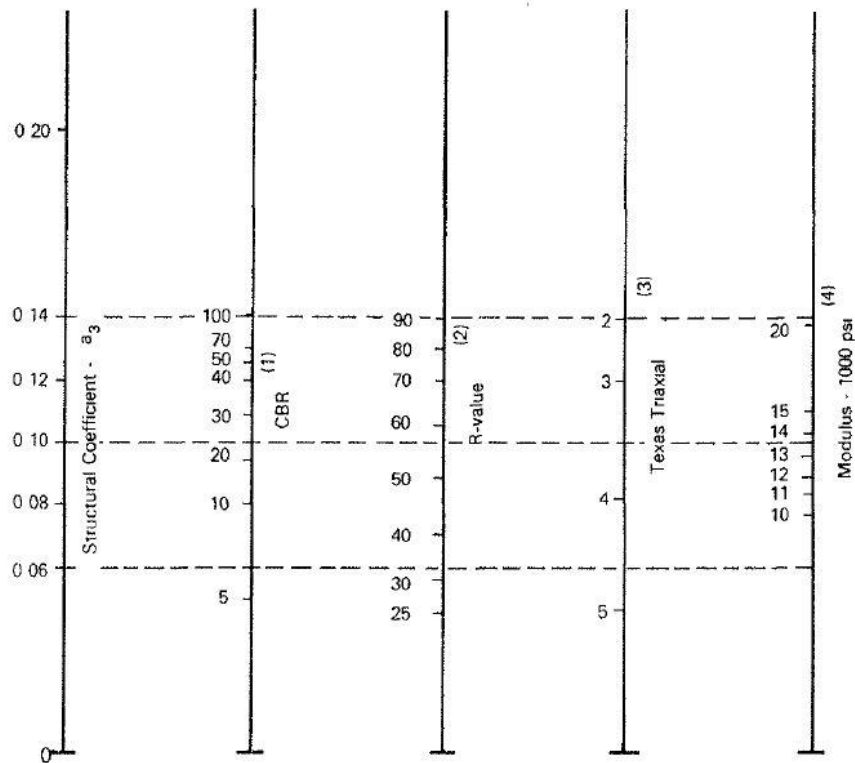
Fuente: (AASHTO, 1993)

Ilustración 30 Coeficiente estructural para la base granular (a2)



Fuente: (AASHTO, 1993)

Ilustración 31 Coeficiente estructural para la subbase granular (a3)



Fuente: (AASHTO, 1993)

### 3.35 Coeficiente de drenaje flexible

El siguiente paso es determinar el coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles (mx):

El cual se determina por medio de la siguiente tabla, este valor es el mismo tanto para la base como la sub base:

Tabla 12 Coeficiente de drenaje para pavimentos (mx)

Caudal del drenaje	P= % del tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: (AASHTO, 1993)

### 3.36 Espesores mínimos

Con lo anterior se determina los espesores mínimos.

El número estructural proveniente de cada capa es el siguiente:

Ecuación 16

$$SN = a_1 x D_1 + a_2 x m_2 + a_3 x m_3$$

- $a_1, a_2, a_3$  son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.
- $m_1, m_2, m_3$  son los coeficientes de drenaje.
- $D_1, D_2, D_3$  son los espesores de capas, en pulgadas o mm, en este sentido, el número estructural llevará las unidades de los espesores de las diferentes capas del pavimento.

Antes se debe realizar lo siguiente:

- Para la capa asfáltica:

Ecuación 17

$$D_1 \geq SN_1 / a_1$$

$D_1$ : es el espesor.

Ecuación 18

$$SN_1^* = a_1 x D_1^*$$

- Para la base:

Ecuación 19

$$D_2^* \geq SN_2 - \frac{SN_1^*}{a_2} x m_2$$

$D_2$ : espesor.

Ecuación 20

$$SN_2^* = a_2 \times a_2 \times D_2^*$$

- Para la subbase:

Ecuación 21

$$D_3^* \geq SN_3 - \frac{(SN_1^* + SN_2^*)}{(a_3 \times m_3)}$$

D3: espesor.

Ecuación 22

$$SN_3^* = a_3 \times m_3 \times D_3^*$$

Un paso importante por realizar es verificar que estos no sean menores al mínimo que pide la AASHTO en la siguiente tabla, y de ser menores se debe de usar el espesor correspondiente de la tabla.

Tabla 13 Espesores mínimos del pavimento

Número de ESAL`S	Capas asfálticas	Base granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 a 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 a 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 a 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 a 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: (AASHTO, 1993)



Con los datos obtenidos anteriormente se verifica que la suma de los coeficientes de los  $SN_1^* + SN_2^* + SN_3^*$ , sea mayor que el coeficiente de la subrasante. :

Ecuación 23

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN$$

### 3.37 Capacidad de carga por fatiga de la capa asfáltica

Para determinar la capacidad de carga por fatiga de la capa asfáltica

Ecuación 24

$$N_F = 1.0226 \times 10^{25} \times \left(\frac{1}{\varepsilon_T}\right)^{6.308} \times \left(\frac{1}{MR}\right)^{0.810}$$

Donde:

$N_F$ : Número de repeticiones de carga por falla por fatiga.

$\varepsilon_T$ : Deformación unitaria máxima a la tensión en la capa asfáltica ( $\times 10^{-6}$  mm/mm).

MR: módulo resiliente del concreto asfáltico (kPa) a 25° C.

### 3.38 Capacidad de carga por deformación plástica de subrasante

Ecuación 25

$$N_R = 1.365 \times 10^{-9} \times \left(\frac{1}{\varepsilon_{VS}}\right)^{4.477}$$

Donde:

$N_R$ : Número de repeticiones por carga para la falla por deformación de subrasante.

$\varepsilon_{VS}$ : Deformación unitaria máxima a la compresión en la sub-rasante ( $\times 10^{-6}$  mm/mm)

## 4. Sujetos y fuentes de información

### 4.1 Sujetos de información

Las principales fuentes para obtención de la información fueron entes del estado como el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, el Instituto Meteorológico Nacional y la Municipalidad de Santa Cruz, Guanacaste, que contribuyeron para la recolección de información mediante el aporte de los datos solicitados por el autor.

### 4.2 Fuentes de Información

Existen dos tipos de fuentes con las que se trabajó el proyecto, las primarias y las secundarias. Para el desarrollo de este proyecto, se recurrió a varias fuentes que se clasificarán más adelante.

Una fuente primaria es la referencia con la que se proporcionará información de primera mano de la investigación. Las fuentes primarias no se basan en estudios, libros u otras fuentes, indican los hechos con base en la experiencia en sitio y están muy cerca al tema del estudio.

Las fuentes secundarias parten de conclusiones basadas en fuentes primarias. Estas no tienen un conocimiento de primera mano, por lo que se fundamentan en un conocimiento que proviene de las fuentes primarias de información. La fuente secundaria es un tipo común de referencia en los proyectos de investigación.

### 4.3 Fuentes primarias

En la investigación se utilizan fuentes donde especifican normas y se definen los pasos por seguir, de manera que ayudaron a encaminar el proyecto por cumplir con los objetivos planteados de una forma correcta. Las principales fuentes de información fueron las normativas vigentes en el país que se anotan a continuación:

- El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2011.
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el control del Tránsito (SIECA) 2014.
- Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de saneamiento y Pluvial (2017).
- Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas mecánicas (2011).
- Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la infraestructura Vial en Centroamérica (SIECA) 2016.
- Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas (2011).

#### 4.4 Fuentes secundarias

En la realización de este proyecto, se tomaron en cuenta otras fuentes de segunda mano para obtener información importante.

- La Municipalidad de Santa Cruz.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- El Instituto Meteorológico Nacional.

### 5. Análisis de Resultados

#### 5.1 Diseño Geométrico

Antes de realizar el diseño geométrico es importante conocer previamente para qué tipo de uso se quiere la carretera por construir, para esto se tiene que seleccionar el tipo de carretera de acuerdo con su clasificación y sus debidas características. Parte del diseño requirió mejorar en su totalidad el Barrio Panamá, creando nuevas superficies de rodamiento y de igual manera nuevas redes pluviales.

Para el Diseño geométrico se tomaron parámetros de diseño utilizando el programa del AutoCAD Civil 2018.

## 5.2 Velocidad de diseño

Para la velocidad de diseño, se tomó en cuenta la ley general de caminos públicos N° 5060 para clasificación de las carreteras, esta se cataloga como una carretera terciaria tomándose en cuenta la ilustración 17 del (INVIAS,2008), tomándose en cuenta una velocidad de 40 km/h.

## 6 Curvas Verticales

Los criterios de adelantamiento y parada son específicamente para las curvas verticales, en donde se considera factores mínimos de K recomendados por la norma AASHTO 1993. En los alineamientos se muestran dos tipos de curvas las cuales son de cresta y de columpio.

En las curvas en resta teniendo en cuenta la velocidad de diseño de 40km/h, la distancia de visibilidad de adelantamiento se obtiene según la ilustración 15, de la cual obtenemos un factor de k de 23.

De igual manera para obtener el valor del factor de k según ilustración 17, para la distancia de parada con una velocidad de diseño de 40 km/h obtenemos el valor de k de 9.

Con el valor del k mínimo para el diseño de 23 se le da una mayor longitud de curva, esto para garantizar una mejor visualización a lo largo de la curva para los conductores.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de cada curva vertical, con sus respectivos radios, K diseño, cada tipo de curva, así como los componentes que caracterizan si son curvas de cresta o columpio.

Ilustración 32 Elementos de curva vertical Avenida 1

AVENIDA 1								
CURVA	ESTACIÓN PVI	ELEVACIÓN PVI	TIPO CURVA	LONGITUD CURVA	K DISEÑO	K min DISEÑO	K min ADELANTAMIENTO	RADIO (m)
1	0+188.37	48.064	CRESTA	20	182.941	9	23	18,294.149
2	0+420.00	46.530	COLUMPIO	50	138.006	9	23	13,800.613
3	0+591.36	46.016	CRESTA	64,730	88.599	9	23	8,859.869
4	0+689.89	45.000	COLUMPIO	38,04	26.755	9	23	2,675.504

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ilustración 33 Elementos de curva vertical Avenida central

AVENIDA CENTRAL								
CURVA	ESTACIÓN PVI	ELEVACIÓN PVI	TIPO CURVA	LONGITUD CURVA	K DISEÑO	K min DISEÑO	K min ADELANTAMIENTO	RADIO (m)
1	0+013.48	45.471	COLUMPIO	20.000	69.292	9	23	6,929.215
2	0+080.86	46.679	CRESTA	38.165	28.343	9	23	2,834.321
3	0+456.34	48.355	CRESTA	96.094	121.382	9	23	12,138.200
4	0+530.00	48.100	COLUMPIO	20.000	17.781	9	23	1,778.116
5	0+641.10	48.966	CRESTA	20.000	75.988	9	23	7,598.818

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ilustración 34 Elementos curva vertical calle 13

CALLE 13								
CURVA	ESTACIÓN PVI	ELEVACIÓN PVI	TIPO CURVA	LONGITUD CURVA	K DISEÑO	K min DISEÑO	K min ADELANTAMIENTO	RADIO (m)
1	0+016.27	48.832	CRESTA	22.544	9.000	9	23	900.000
2	0+042.26	48.666	COLUMPIO	11.808	36.693	9	23	3,669.318
3	0+068.63	48.581	COLUMPIO	16.595	5.000	9	23	500.000

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ilustración 35 Elementos curva vertical 17

CALLE 17								
CURVA	ESTACIÓN PVI	ELEVACIÓN PVI	TIPO CURVA	LONGITUD CURVA	K DISEÑO	K min DISEÑO	K min ADELANTAMIENTO	RADIO (m)
1	0+011.85	46.719	COLUMPIO	4.819	1	9	23	96.251
2	0+045.15	47.387	CRESTA	10.000	9.847	9	23	984.737
3	0+085.01	47.782m	COLUMPIO	4.559	2.269	9	23	226.928

Fuente: Elaboración propia, 2020.

### Ilustración 36 Elementos curva vertical calle 23

CALLE 23								
CURVA	ESTACIÓN PVI	ELEVACIÓN PVI	TIPO CURVA	LONGITUD CURVA	K DISEÑO	K min DISEÑO	K min ADELANTAMIENTO	RADIO (m)
1	0+045.00	46.958m	COLUMPIO	21.575m	17.061	9	23	1,706.068
2	0+072.16	47.264m	CRESTA	19.227	2.901	9	23	290.141

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la calle 13 en la estación 0+068.63 obtenemos un valor del k inferior a 9, esto debido a que es un punto donde los vehículos proceden a detenerse por tener una señal de alto de tal forma no afecta la distancia de frenado. De igual manera en la calle 17 en la estación 0+011.85 y 0+085.01 se observa que valores de k menores a 9 y por último en la calle 23 en la estación 0+072.26 se obtiene el valor inferior 9.

#### 6.1 Pendiente mínima y máxima para las curvas verticales

Como recomendación del manual del SIECA, las pendientes mínimas que se utilizan para este proyecto son de 0.3% debido a que las calles son urbanas de poco tránsito y facilita el drenaje, para garantizar que el escurrimiento de las aguas en la superficie de rodamiento sea adecuado. Para la pendiente máxima se utilizó el 4% empleando los criterios de diseño del AASHTO 1993, ya programados en el AutoCAD Civil 3D.

#### 6.2 Ancho de calzada

Se propone un ancho de carril de 3,30 metros para la Avenida 1y Avenida, para las calles 13, 23 se propone un ancho de carril de 3 metros y por último para la calle 17 se propone como mínimo 2,75 metros esto tomando en cuenta que son carreteras de bajo volumen de tránsito. Según el manual del SIECA recomienda que el ancho deseable es de 3.60 metros y un mínimo de 2.75 metros.

### 6.3 Ancho de acera

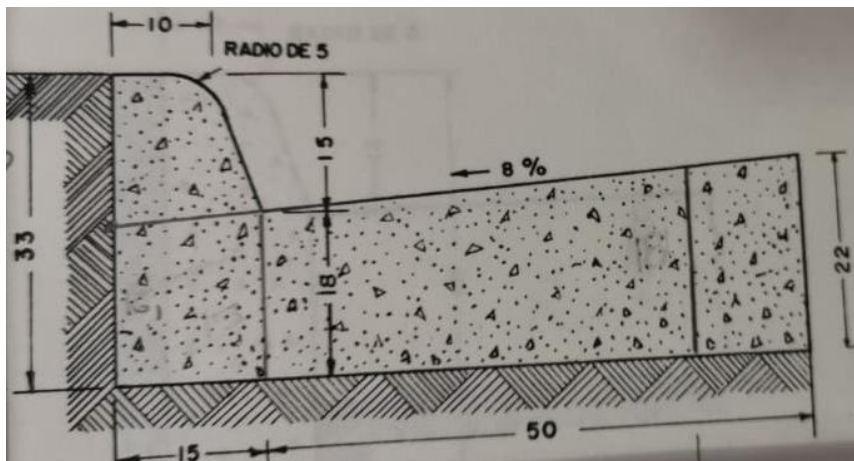
Para el ancho de las aceras se mantiene lo recomendado por el manual del SIECA, el cual nos dice que se use un valor de 1,2 metros.

### 6.4 Cordón y caño

Para el cordón y caño se estableció el uso de un sistema aprobado por el MOPT con las siguientes características:

Ilustración cordón y caño.

Ilustración 37 Cordón y caño por reglamentación del MOPT



Fuente: (MOPT, 2020)

## 7 Curvas Horizontales

### 7.1 Radio mínimo

En el diseño geométrico horizontal de las calles y avenidas se considera un radio mínimo de 47 metros para una velocidad de 40 km/h, según la tabla Teniendo en cuenta la pendiente máxima del 4% máximo. Según la ilustración 14, nos muestra el radio mínimo con un peralte máximo del 4%. A continuación, se mostrará en las siguientes tablas los valores obtenidos para las curvas para las calles y avenidas.

Ilustración 38 Elementos de curva Horizontal Avenida 1

Alineamiento avenida 1						
Número	Radio	Longitud	Delta	Pi Norte	Pi Este	Direccion
C1	144.11	23.78	009,4543	1135110,733	326844,732	081°00'07,44"
C2	77.55	14.26	010,5353	1135117,802	326873,674	071°00'26,05"
C3	77.55	15.99	011,8126	1135136,607	326915,399	059°49'59,73"
C4	77.55	7.72	005,7040	1135161,491	326949,557	051°04'29,77"
C5	77.55	1.11	000,8236	1135191,423	326983,062	047°48'39,98"
C6	77.55	6.64	004,9803	1135248,145	327044,745	049°51'12,42"
C7	77.55	13.99	010,3385	1135285,610	327093,232	057°28'36,72"
C8	77.55	3.28	002,3427	1135310,080	327140,533	063°51'26,95"
C9	77.55	2.3	001,6963	1135319,524	327160,849	065°55'01,14"
C10	77.55	5.18	003,8279	1135183,252	327183,252	068°40'44,55"
C11	77.55	5.11	003,7769	1135342,512	327222,205	072°28'53,04"
C12	77.55	5.03	003,7132	1135354,147	327262,790	076°13'35,18"
C13	77.55	5.43	004,0138	1135359,075	327286,140	080°05'23,79"
C14	77.55	5.20	003,8382	1135357,910	327313,769	084°00'57,38"
C15	254,82	54,88	012,3406	1135365,287	327347,209	092°06'19,28"
C16	77,55	11,98	008,8994	1135357,761	327398,950	102°42'01,41"
C17	77,56	14,15	010,4512	1135344,227	327422,874	112°21'02,06"
C18	77,57	30,66	022,6587	1135332,073	327466,145	128°54'20,50"

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ilustración 39 Elementos de curva Horizontal Avenida Central

Alineamiento Central						
Número	Radio	Longitud	Delta	Pi Norte	Pi Este	Direccion
C19	200	15.48	004,4356	1135312,258	327456,464	263°29'02,65"
C20	200	7.72	002,2111	1135309,136	327436,143	262°22'18,44"
C21	180,42	23.55	007,4794	1135304,679	327397,158	259°44'15,56"
C22	180,24	5.72	001,8173	1135297,545	3273368,552	255°05'21,52"
C23	180,25	0.63	000,2004	1135273,728	327284,491	254°04'49,54"
C24	180,26	13.39	004,2530	1135259,841	327236,125	251°51'13,43"
C25	178,26	18.13	005,8229	1135249,601	327208,566	246°48'49,73"
C26	149,87	21.76	008,3174	1135233,685	327175,953	239°44'29,94"
C27	149,88	22.08	008,4392	1135140,102	327038,366	231°21'47,95"
C28	144,11	21.41	0008,5120	1135079,961	326974,548	231°23'58,98"
C29	39,46	12.76	018,5224	1135064,836	326952,411	244°55'00,97"
C30	39,47	5.03	007,3084	1135054,753	326916,831	257°49'56,54"

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ilustración 40 Elementos de curva Horizontal calle 13 y 23

Alineamiento Calle 17						
Número	Radio	Longitud	Delta	Pi Norte	Pi Este	Direccion
C31	111,74	30,95	015,8673	1135244,324	327095,527	163°18'12,57"
Alineamiento Calle 23						
Número	Radio	Longitud	Delta	Pi Norte	Pi Este	Direccion
C32	200,00	3,70	001,0586	1135329,159	327268,527	164°42'03,21"

Fuente: Elaboración propia, 2020.



## 7.2 Mejora para el alineamiento horizontal y vertical

Para los alineamientos se cuenta con la topografía suministrada por la municipalidad de Santa Cruz, con esto obtenemos que la topografía del proyecto es un poco plana. Con esto es importante definir la rasante para las respectivas calles y avenidas, con el fin de empatar y ajustar los tramos de calle para que coincidan con las diferentes rasantes.

- Avenida 1 que comprende desde la estación 0+000 hasta la estación 0+757.60.
- Avenida 2 que comprende desde la estación 0+000 hasta la estación 0+715.25.
- Calle 23 que comprende desde la estación 0+000 hasta la estación 0+083.30.
- Calle 17 que comprende desde la estación 0+000 hasta la estación 0+093.77.
- Calle 13 que comprende desde la estación 0+000 hasta la estación 0+077.44.

## 8 Análisis de diseño del pavimento

El análisis de pavimentos se basa en la metodología AASHTO 93. Esta metodología se usa normalmente en Costa Rica y nos brinda las recomendaciones por seguir.

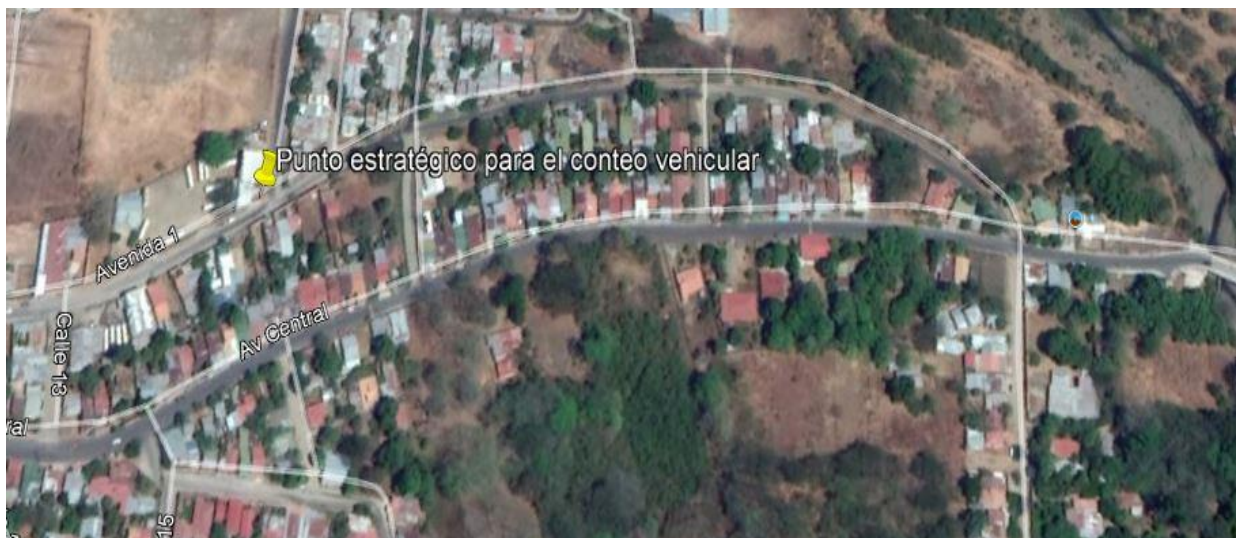
El estudio es suministrado por municipalidad con un valor de la sub rasante con un CBR de 6.9% (Este dato es aportado por la municipalidad con una carta, haciéndome constar dicho valor y se adjunta en los anexos)

Previo al diseño de la estructura del pavimento se debe determinar el tránsito promedio diario el cual se elaboró, tomando referencia el informe técnico tránsito promedio diaria, realizado por Consultores viales S.A. En el cual se realiza un conteo vehicular de 6:00 am – 6:00pm, fraccionándolo en intervalos de cada 15 minutos esto con el fin de recolectar datos durante 12 horas para poder obtener el tránsito promedio diario (TPDA) según la clasificación vehicular.

Luego de obtener el TPDA se busca el valor de factor de crecimiento del 5,02% de la estación 789 ruta 21 sección 50120 más cercana en Santa Cruz. Importante mencionar que también se obtiene el valor del Factor diario (FE) y el Factor Horario (FH) de la estación 15 en Liberia tomando como referencia el mes de octubre con un valor del FE=1,04 y FH=73,99%, este último valor se obtuvo de la suma de los factores horarios de 6:00 am – 6: pm el resultado de la suma da como resultado el dato del FH. Estos se obtuvieron del anuario del MOPT del 2017.

A continuación, se muestra en una foto del área donde se realizó el conteo vehicular:

Ilustración 41 Localización donde se realizó el conteo vehicular



Fuente: Google earth.

Tabla 14 Datos de TPDA

Ejes Equivalentes	
Datos	
Porcentaje de Crecimiento	5%
Periodo de diseño (años)	10
TPDA	2546
Factor de Distribución direccional (D)	0,5
Factor de Distribución carril (L)	1

Fuente: Elaboración propia 2020.

Tabla 15 Ejes equivalentes ESAL´S

ESAL´S día			
Tipo de vehículo	Fc	% Vehículo	ESAL´S día
Livianos	0,0005	57,87%	0,73
Pick-up	0,02	25,58%	13,02
C2-eje simple	0,07	2,90%	5,16
C2+ Eje Tándem	0,63	5,16%	82,76
C3	1,28	2,28%	74,30
Bus	2,29	6,21%	362,06
T3-S2	2,38	0,00%	0
T2-S2	2,146	0,00%	0
	Total día	ESAL´S	538,06

Fuente: Elaboración propia 2020.

Tabla 16 Factor de crecimiento y ESAL'S de diseño

<b>Determinar Factor de Crecimiento</b>	
GY=	12,57
<b>ESAL'S diseño</b>	<b>1235103,49</b>

Fuente: Elaboración propia 2020.

Seguidamente se muestra el cálculo del número estructural para obtener los valores del (SN):

Tabla 17 Datos para el cálculo de la estructura del pavimento

<b>Ejes equivalentes</b>	<b>1235103,5</b>
<b>Confiabilidad</b>	<b>80%</b>
<b>TPD</b>	<b>2546</b>
<b>Po</b>	<b>4,2</b>
<b>Pt</b>	<b>2,0</b>
<b>Serviciabilidad (<math>\Delta</math>PSI)</b>	<b>2,2</b>
<b>Desviación Estándar (SO)</b>	<b>0,45</b>
<b>MAC</b>	<b>450000</b>
<b>Base</b>	<b>28500</b>
<b>Sub base</b>	<b>15000</b>
<b>Sub rasante</b>	<b>6911</b>
<b>coeficiente estructural asfalto (ai) 1</b>	<b>0,43</b>
<b>Coeficiente estructural base (ai)2</b>	<b>0,132</b>
<b>Coeficiente estructural sub base (ai)3</b>	<b>0,11</b>
<b>Coeficiente de drenaje (mi) base</b>	<b>0,8</b>
<b>Coeficiente de drenaje (mi) sub base</b>	<b>0,8</b>
<b>SN1</b>	<b>1,97</b>
<b>SN2</b>	<b>2,5</b>
<b>SN3</b>	<b>3,44</b>

Fuente: Elaboración propia 2020.

Con la tabla de datos anterior se calculó los siguientes espesores de pavimentos:

Tabla 18 Espesores de las capas del pavimento

Espesores del Pavimento		
Unidades	cm	Pulgadas
Capa Mac	13	5,11
Capa Base	15	5,91
Capa Sub base	23	9
Verificar que cumple		
$SN1^* + SN2^* + SN3^*$	$\geq$	SNT (SN3)
3,477622047	$\geq$	3,44
Si cumple		

Fuente: Elaboración propia 2020.

Cada uno de los espesores de pavimento propuestos cumple según la norma AASHTO 93. Por último, se realiza la comprobación de capacidad de carga fatiga y capacidad de carga por deformación en donde también cumplen. De igual manera para tener certeza se verifica que cumpla la relación de que la sumatoria de  $SN1^* + SN2^* + SN3^*$  sea mayor a SN3 como se representa en la tabla 18.

### Ilustración 42 Carga de la capa asfáltica por fatiga

Determinar si cumple por carga de fatiga de la capa asfáltica		
Nf=	29418754,18	
Verificacion		
Nf	≥	ESAL'S
29418754,18	≥	1235103,494
	Si cumple	

Fuente: Elaboración propia 2020.

### Ilustración 43 Carga por deformación plástica de la sub rasante

Determinar si cumple por capacidad de carga por deformación plástica de la sub rasante		
Nr=	1504796,547	
Verificacion		
Nr	≥	ESAL'S
1504796,547	≥	1235103,494
	Si cumple	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 9 Análisis hidrológico

En el análisis hidrológico se empleó el método racional, esto porque el área tributaria de la cuenca está dentro de las características del Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas del SIECA.

Con el programa AutoCAD Civil 3D se procedió a calcular el área mediante una foto área del proyecto, se trazó la cuenca principal con un área de 198913,347 Km<sup>2</sup>, la cual se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 44 Área de la cuenca



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Seguidamente la cuenca con su área total se subdivide en sub cuencas para tener mayor confiabilidad y precisión al momento del diseño de tuberías y generar con mayor exactitud los caudales para cada tubería.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra cada sub cuenca con su área respectiva, así como la altura entre los puntos altos y bajos.



Tabla 19 Áreas de la sub cuenca, altura entre puntos bajos y altos

<b>Sub cuenca</b>	<b>Área(m)</b>	<b><math>\Delta H(m)</math></b>	<b>L(m)</b>	<b>T c minutos</b>
<b>1</b>	14292,98	1	172	7,44
<b>2</b>	7103,41	2	102	5,7
<b>3</b>	6700,73	1,3	88	6,7
<b>4</b>	7823,55	1,46	77,1	6,43
<b>5</b>	4682,65	0,7	73,5	8,45
<b>6</b>	5953,1	1,02	112	2,96
<b>7</b>	8856,56	1,02	109	6,54
<b>8</b>	10541,87	0,74	124	8,46
<b>9</b>	12550,97	1,35	125	4,59
<b>10</b>	10678,1	0,87	94,2	3,89
<b>11</b>	13673,36	1	110	4,44
<b>12</b>	9402,82	0,65	129	6,3
<b>13</b>	7428,45	0,5	99,7	5,31
<b>14</b>	5773,21	0,74	88,9	3,9
<b>15</b>	9012,13	0,44	96,8	5,2
<b>16</b>	10998,87	0,84	104	4,94
<b>17</b>	16481,17	1,88	88,7	2,71
<b>18</b>	10909,97	0,96	101	4,07
<b>19</b>	15068,6	1,7	125	4,2
<b>20</b>	8671,9	0,82	113	4,94
<b>21</b>	2359	2	89,1	3,51
<b>Área total</b>	<b>198963,4</b>			

Fuente: Elaboración propia, 2020.



### 9.1 Periodo de retorno

Para este proyecto se propone usar un periodo de retorno de 25 años siguiendo las recomendaciones de la tesis Gamboa 1969 para los tramos de carreteras que no pasen los límites de velocidad entre los 40 a 100 km/h

### 9.2 Intensidad de lluvia

El cálculo de la intensidad de lluvia se determinó mediante la estación 74-53 en Santa Cruz de Guanacaste, utilizando un periodo de retorno de 25 años. La información de la intensidad de lluvia se muestra en la siguiente tabla en la cual se calculó la intensidad de lluvia con un valor de 147,82 mm/h, con la ecuación 2.

Ilustración 45 Intensidad de lluvia

Pozo	Intensidad de lluvia mm/h	Pozo	Intensidad de lluvia mm/h
<b>red 1</b>		<b>red 2</b>	
PP1	147,8217834	PP23	147,8217834
PP2	146,8819155	PP24	147,1479528
PP3	145,993667	PP25	145,9579703
PP4	144,9449896	PP26	145,2108866
PP5	144,4361836	PP27	144,6328719
PP6	143,9340219	PP28	144,0292697
PP7	143,0499857	PP29	142,6933815
PP8	141,6029119	PP30	141,5107278
PP9	140,7139958	PP31	139,3027943
PP10	139,4579935	PP32	138,5593816
PP11	138,6086734	PP33	137,8290729
PP12	137,5987777	PP34	137,0581943
PP13	136,6540572	PP35	136,5203043
PP14	135,8366004	PP36	135,7789479
PP15	134,8900359	PP37	134,7956085
PP16	134,2536764	PP38	134,0673888
PP17	133,6955376	PP39	133,7428619
PP18	133,2216157	PP40	133,3763653
PP19	132,947401	PP41	133,0848453
PP20	132,76028	PP43	132,4970333
PP21	132,947401		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Como resultado de la intensidad de lluvia se determina 147,8 mm/h para el diseño pluvial, manteniendo un periodo de 25 años.

### 9.3 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calculó mediante la ecuación de Kripich-Ramser, se determinaron valores del  $T_c$ , importante tomando en cuenta la especificación del AYA 2007, donde el  $T_c$  mínimo para el diseño debe ser de 10 min, en este caso para las sub cuencas todos los tiempos de concentración están muy por debajo del mínimo.

Ilustración 46 Tiempos de concentración en minutos

Subcuenca	tc minutos
1	7,44
2	5,7
3	6,7
4	6,43
5	8,45
6	2,96
7	6,54
8	8,46
9	4,59
10	3,89
11	4,44
12	6,3
13	5,31
14	3,9
15	5,2
16	4,94
17	2,71
18	4,07
19	4,2
20	4,94
21	3,51

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con los resultados obtenidos en la ilustración, los tiempos de concentración de cada sub cuenca se hace constar que ninguno cumple ya que todos los tiempos están por debajo de los 10 minutos, por ende para cada uno de las sub cuencas se utilizará un Tc de 10 min el cual se rige según las especificaciones del AYA.

#### 9.4 Coeficiente de escorrentía

Para el coeficiente de escorrentía se calculó como un ponderado para el diseño, con la ayuda la ilustración 20 de coeficientes de escorrentía recomendados para uso del método racional.

El cálculo se llevó inicialmente obteniendo el área de cada una de las clasificaciones tales como aceras, zonas verdes, calles, techos, zona boscosa y por último cultivos y pastos. Sumando las áreas de cada una se obtuvo el área total. Previamente cada una de las áreas obtenidas se multiplica por el coeficiente de escorrentía recomendados, al final se debe sumar dicha multiplicación del (área x C) de cada clasificación. Para concluir se divide el área total de la cuenca entre el valor de la de la suma (área x c) obteniendo así el coeficiente de escorrentía del proyecto.

Tabla 20 Áreas para el cálculo del coeficiente de escorrentía

Periodo de retorno 25 años	Área	C	Área x C
Aceras	4837,99	0,88	4257,43
Zona verde	54693,13	0,4	21877,25
Calles	17816,04	0,88	15678,16
Techos	40415,94	0,88	35566,03
Zona Boscosa	56962,11	0,31	17658,25
Cultivos o pastos	24188,06	0,4	9675,22
AT	198913,34		104712,36

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 21 valor ponderado del cálculo de la escorrentía

coeficiente de escorrentía
0,52

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Aquí se muestra una imagen de cómo se obtuvieron el cálculo de áreas para el coeficiente de escorreentia.

Fuente: Elaboración propia, 2020

### 9.5 Diseño de caudales

Para el diseño se utilizó el método racional el cual nos permite calcular el caudal de diseño para cada sub cuenca.

Tabla 22 Caudales de diseño

Pozos	Caudal de diseño ( l/s)	Velocidad a tuvo lleno (m/s)
<b>red 1</b>		
<b>PP1</b>	305,18	2,17
<b>PP2</b>	303,24	2,19
<b>PP3</b>	301,41	2,14
<b>PP4</b>	447,97	2,15
<b>PP5</b>	446,39	2,14
<b>PP6</b>	444,84	2,17
<b>PP7</b>	580,56	2,20
<b>PP8</b>	734,71	2,17
<b>PP9</b>	825,28	2,17
<b>PP10</b>	937,83	2,17
<b>PP11</b>	932,12	2,14
<b>PP12</b>	1101,35	2,20
<b>PP13</b>	1093,79	2,29

<b>PP14</b>	1294,09	2,20
<b>PP15</b>	1285,07	2,38
<b>PP16</b>	1522,40	2,65
<b>PP17</b>	1516,07	2,55
<b>PP18</b>	1716,18	2,85
<b>PP19</b>	1712,64	2,85
<b>PP20</b>	1710,23	2,85
<b>PP21</b>	1975,22	3,37
<b>red 2</b>		
<b>PP23</b>	200,77	1,90
<b>PP24</b>	199,85	1,90
<b>PP25</b>	198,24	1,95
<b>PP26</b>	353,03	2,50
<b>PP27</b>	351,63	2,50
<b>PP28</b>	470,27	1,95
<b>PP29</b>	465,91	1,90
<b>PP30</b>	646,26	1,90
<b>PP31</b>	857,49	2,04
<b>PP32</b>	852,91	2,04
<b>PP33</b>	848,42	2,04
<b>PP34</b>	1169,95	2,29
<b>PP35</b>	1380,50	2,70
<b>PP36</b>	1373,01	2,38
<b>PP37</b>	1656,46	2,85
<b>PP38</b>	1647,51	2,85
<b>PP39</b>	1643,52	2,98
<b>PP40</b>	1806,08	3,60
<b>PP41</b>	3824,76	3,45
<b>PP43</b>	3807,86	3,45

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 10 Diseño hidráulico

Para el diseño del alcantarillado pluvial se procedió al diseño de los tramos de tuberías con la hoja de Excel de Acueductos y Alcantarillados (AYA). La hoja de cálculo incluye la norma vigente para el diseño de alcantarillados pluviales. El diseño del alcantarillado se realizó en el programa AutoCAD Civil 2018 en el cual se hizo el trazado de la tubería con la respectiva ubicación de cada tragante.

Por recomendación de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y pluvial en el capítulo 6, se estipula que los pozos y tragantes deberán colocarse a una distancia máxima de 120 metros, de tal manera que puedan recibir el agua del área de influencia de manera correcta, esto porque los tragantes son la forma en la que se canaliza de manera eficaz el escurrimiento de las aguas superficiales.

Para obtener un diseño de alcantarillado pluvial óptimo utilizando la hoja del AYA se realizaron distintos métodos

- Se utilizó el valor de la intensidad de lluvia obtenida en la 147,8 mm7/h.
- Las pendientes de diseño de las tuberías deben adecuarse a la rasante del terreno, siempre respetando las pendientes obtenidas en la hoja del AYA.
- Se ajustaron los pozos para que ninguno exceda los 5 m según la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y pluvial.
- Se corrobora que la velocidad de flujo de las tuberías no exceda los 5 m/s a tubo lleno y que el tirante máximo permisible no exceda el 85%.

En la siguiente tabla de muestran las áreas de influencia de cada pozo por diseñar.

Ilustración 47 Área de influencia de pozos

<b>Área influencia de pozos en m2</b>	
<b>PP.N ° 01</b>	14,292,98
<b>PP.N ° 04</b>	7,103,41
<b>PP.N ° 07</b>	6,700,73
<b>PP.N ° 08</b>	7,823,55
<b>PP.N ° 09</b>	4,682,65
<b>PP.N ° 10</b>	5,953,10
<b>PP.N ° 12</b>	8,856,56
<b>PP.N ° 13</b>	10,541,87
<b>PP.N ° 16</b>	12,550,97
<b>PP.N ° 18</b>	10,678,10
<b>PP.N ° 21</b>	13,673,36
<b>PP.N ° 23</b>	9,402,82
<b>PP.N ° 26</b>	7,428,45
<b>PP.N ° 28</b>	5,773,21
<b>PP.N ° 30</b>	9,012,13
<b>PP.N ° 34</b>	16,481,17
<b>PP.N ° 35</b>	10,909,97
<b>PP.N ° 37</b>	15,068,60
<b>PP.N ° 40</b>	8,671,90
<b>PP.N ° 41</b>	198963,9

Fuente elaboración propia, 2020.

Anteriormente en el diseño del alcantarillado pluvial circular, los diámetros utilizados para que cumplan de manera correcta el transporte del agua pluvial para las tuberías son de 800 mm con una pendiente máxima de 3,60%, 900 mm con una pendiente máxima de 3,08% y por último 1,2 mm con una pendiente máxima de 2,10%.

En la siguiente tabla se muestra todos los diámetros de tubería con su longitud y pendiente:

Tabla 23 Resumen 1 de tuberías

<b>Nombre</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente en %</b>	<b>Diámetro de tubería en mm</b>
TPP1	34,05	0,68	800
TPP2	33,45	0,69	800
TPP3	39,94	0,66	800
TPP4	20,06	0,67	800
TPP5	20	0,66	800
TPP6	36,62	0,68	800
TPP7	63,38	0,7	800
TPP8	40	0,68	800
TPP9	58,74	0,68	800
TPP10	41,26	0,68	800
TPP11	50	0,66	800
TPP12	50	0,6	900
TPP13	46,52	0,65	900
TPP14	53,48	0,6	900
TPP15	40	0,7	900
TPP16	40	0,87	900
TPP17	33,21	0,8	900
TPP18	21,79	1	900
TPP19	15	1	900
TPP20	18,58	1	900
TPP21	10,96	1,4	900

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Tabla 24 Resumen 2 de tuberías

<b>Nombre</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente en %</b>	<b>Diámetro de tubería en mm</b>
<b>TPP23</b>	26,5	0,52	800
<b>TPP24</b>	38,7	0,52	800
<b>TPP25</b>	25,87	0,55	800
<b>TPP26</b>	26,2	0,9	800
<b>TPP27</b>	27,63	0,9	800
<b>TPP28</b>	50	0,55	800
<b>TPP29</b>	45	0,52	800
<b>TPP30</b>	89,28	0,52	800
<b>TPP31</b>	34,08	0,6	800
<b>TPP32</b>	34,36	0,6	800
<b>TPP33</b>	37,28	0,6	800
<b>TPP34</b>	30	0,65	900
<b>TPP35</b>	49,82	0,9	900
<b>TPP36</b>	60,18	0,7	900
<b>TPP37</b>	55	1	900
<b>TPP38</b>	25	1	900
<b>TPP39</b>	30	1,1	900
<b>TPP40</b>	30	1,6	900
<b>TPP41</b>	57,22	1	1200
<b>TPP42</b>	42,16	1	1200

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 11 Señalización

Al tratarse de tramos de carreteras nuevos carecen de las señalizaciones viales, el fin de darle a las calles la señalización correcta es para que los usuarios puedan transitar de manera más segura y respetando las leyes de tránsito.

Como referencia se siguen las recomendaciones del Manual centroamericano de Dispositivos Uniformes para el control del tránsito SIECA 2014. El propósito de este es mantener el orden y seguridad de los usuarios que transiten por las vías.

Ilustración 48 Señalización AV 1

Avenida 1			
Código de señalización	Descripción	Estación	Sentido
R-2-8	Velocidad Restringida 40 Km/h	0+020	Centro Santa Cruz- Barrio Panamá
R-2-8	Velocidad Restringida 40 Km/h	0+660	Barrio Panamá- Centro Santa Cruz
R-2-8	Velocidad Restringida 40 Km/h	0+660	Centro Santa Cruz- Barrio Panamá
P-1-2	Prevención Curva	0+500	Centro Santa Cruz- Barrio Panamá
P-1-2	Prevención Curva	0+740	Barrio Panamá- Centro Santa Cruz
R-1-1	ALTO	0+740	Centro Santa Cruz- Barrio Panamá

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ilustración 49 Señalización AV central

Avenida Central			
Código de señalización	Descripción	Estación	Sentido
R-2-8	Velocidad Restringida 40 Km/h	0+680	Centro Santa Cruz- Barrio Panamá
R-2-8	Velocidad Restringida 40 Km/h	0+680	Barrio Panamá- Centro Santa Cruz
R-2-8	Velocidad Restringida 40 Km/h	0+280	Barrio Panamá- Centro Santa Cruz
R-2-8	Velocidad Restringida 40 Km/h	0+060	Centro Santa Cruz- Barrio Panamá

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Ilustración 50 Señalización calle 13, 17 y 23

calle 13			
Código de señalización	Descripción	Estación	Sentido
R-1-1	ALTO	0+010	Avenida central-Avenida 1
R-1-1	ALTO	0+067	Avenida 1-Avenida central
calle 17			
Código de señalización	Descripción	Estación	Sentido
R-1-1	ALTO	0+010	Avenida central-Avenida 1
R-1-1	ALTO	0+083	Avenida 1-Avenida central
calle 23			
Código de señalización	Descripción	Estación	Sentido
R-1-1	ALTO	0+010	Avenida central-Avenida 1
R-1-1	ALTO	0+070	Avenida 1-Avenida central

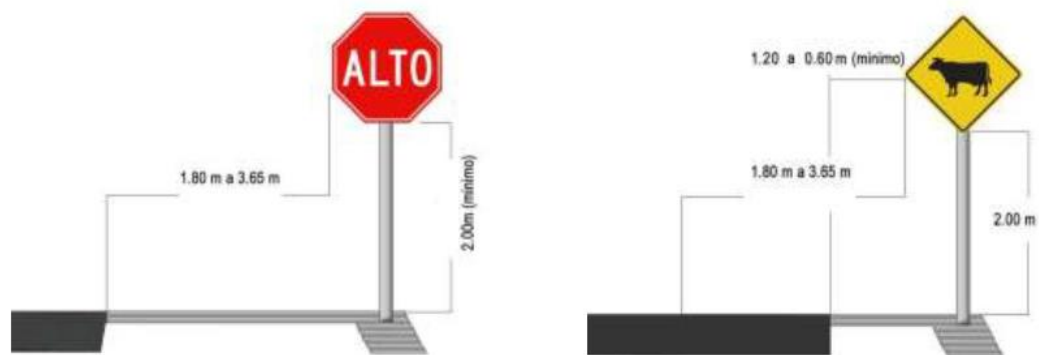
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Observaciones:

Cada estación fue definida según el alineamiento del tramo a diseñar. El sentido S 1-2 es Santa Cruz Centro hacia el Barrio Panamá, y viceversa el S 2-1.

En la siguiente ilustración según el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el control del tránsito, SIECA 2014 se representan las dimensiones mínimas para la colocación de señales verticales en zonas rurales.

Ilustración 51 Dimensiones mínimas para la colocación de señales verticales



Fuente: (Manual centroamericano dispositivos uniformes para control de tránsito, 2014).

Para la señalización horizontal en caso de las líneas divisoras de los carriles, se propone asignar doble línea amarilla continua a todo lo largo del tramo, debido a que es una calle rural, evitando adelantamientos en los que se pueden ocasionar accidentes dentro de la vía. Para la línea de borde de la calzada se propone a colocar línea continua blanca, excepto en el cruce de las calles.

### 11.1 Vialitas

Los vialitas en la carretera se colocarán de la siguiente manera:

1. Vialitas dos caras amarillas: se colocarán a cada 10 m sobre la doble línea continua amarilla.
2. Vialitas una cara blanca: se ubicarán a cada 10 m sobre la línea de borde blanca de cada sentido de vía, una cara blanca en el sentido del tránsito y una cara roja en el sentido contrario.

## 12 Conclusiones

1. Se realizó el levantamiento del estado actual de las calles y avenidas con el fin de proponer una solución que satisfaga las necesidades de los usuarios que transiten por la zona.
2. Se plantea el diseño del alcantarillado pluvial nuevo en las Avenidas las cuales se encargarán de transportar el agua por el sistema, esto acatando la norma del AYA con la que se verifica que cumpla con todos los requerimientos de diseño. De igual manera se realizó el diseño geométrico vertical y horizontal cumpliendo las normas internacionales, esto con el fin de brindarle al conductor una segura y cómoda conducción.
3. Se diseñó la nueva estructura del pavimento flexible basándose en la normativa del ASSHTO 1993, para un periodo de 20 años. Esto para que pueda cumplir de manera adecuada en los nuevos tramos diseñados.

## 13 Recomendaciones

1. Se le recomienda a la municipalidad de Santa Cruz el cual está a cargo de este proyecto, en el momento de realizar la obra realizar un nuevo estudio de manejo de aguas para las calle 11, calle 27 adyacentes a la Avenida central ya que no cuentan con un diseño respectivo de estructuras de pavimentos y tampoco de alcantarillado. Esto porque en las visitas de campo se corroboró que son calles de lastre.
2. Se le recomienda a la municipalidad realizar labores de mantenimiento de la estructura de alcantarillado, aceras, cordón y caño, cada 6 meses. Con el fin de prolongar la vida útil de la estructura y disminuir en gran parte los costos a largo plazo.
3. A los estudiantes que se propongan ayudar a la comunidad de Santa Cruz con nuevos proyectos de infraestructura vial, se les recomienda que a la hora de realizar un nuevo proyecto, es de suma importancia contar con la tipografía detallada de la zona en la que se va a trabajar para tener mejores parámetros de diseño tanto geométrico como de manejo de aguas pluviales.
4. Se le recomienda a la municipalidad corroborar en sitio la altura del último pozo y su ubicación, este se encuentra ubicado en la Avenida Central cerca de la estación 0+00.86 de la nueva red propuesta, ya que no se tiene claridad correspondiente al dato de elevación de pozo en ese ultimo tramo, por ausencia del dato topográfico preciso. Se sugiere verificar si es necesario ajustar el ultimo tramo de la red pluvial propuesto para que se pueda empatar la tubería con el pozo existente.

5. En virtud de que se solamente se cuenta con un valor del módulo resiliente del el proyecto, se recomienda realizar un nuevo estudio de suelos en donde se tenga al menos 4 análisis de capacidad soportante, hacer al menos 4 sitios unos en la calle en lastre y otros en la calle pavimentada tomanando en cuenta que hay que realizar los estudios a nivel de subrasante.

## 14 Referencias

Alemán Vásquez, h., Guares Reyes, f., & Isaí Neria Aguilar, j. (2015). propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final col. Quezaltepeque-cantón victoria, santa tecla, la libertad. 5/10/2019, de Universidad de El Salvador Sitio web: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7856/1/Tesis%20Diseño%20Geometrico%20de%20Camino%20Vecinal%20Montañoso.pdf>

SALAS JIMENEZ, J. (2012). Estudio de pre factibilidad del mejoramiento de la conectividad vial entre el poblado de San Rafael del cantón de Naranjo y la ruta nacional 141. Retrieved from [http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2012/salas\\_jimenez\\_johanna\\_pr\\_2012](http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2012/salas_jimenez_johanna_pr_2012).

Pérez Carmona, R. (2014). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje de carreteras. Bogotá: ECOE Ediciones.

Garber, N. &. (2005). Ingeniería de tránsito y carreteras. México DF: Learning Editores, S.A.

Gamboa. (1969). Diseño hidrológico e hidráulico de drenajes menores de carreteras. San José: Editorial Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.

INVIAS. (2008). Manual de diseño geométrico de carreteras. Colombia: Instituto Nacional de vías.

Manuel Gómez Valentín. (2017). Hidrología Urbana. Barcelona: Grupo de Recerca FLUMEN.



Ley 5060 Ley General de caminos públicos. (2017, octubre 29). Retrieved from [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.a](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.a)

Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras. aecid. (2011).

Manual centroamericano dispositivos uniformes para control de tránsito. (2014). Guatemala: SIECA.

Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica. (2016). In C. G. Vergara. El Salvador.

SIECA. (2011). Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico carreteras. aecid.

Cárdenas Grisales, J. (2013). Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá.

Chow, V. T., & Maidment, D. y. (1994). Hidrología aplicada. Colombia: Mc Graw Hill Interamericana.

AASHTO. (2011). In A Policy on geometric design of highways and streets.

Manual oficial de educación y seguridad. (2013). In Manual del Conductor. San José: UNED

Municipalidad de Santa Cruz. (2019). Retrieved from <https://santacruz.go.cr/index.php/proyectos>

Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2019). Retrieved from <https://www.imn.ac.cr/estaciones-automaticas>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (1966). Normas y diseños para la construcción de carreteras, (5° ed.). Costa Rica

CONASET. (2015). Manual de señalización de Tránsito. Chile.

AyA. (2017). Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento Pluvial. *La Gaceta*

Ing. Gordon Keller e Ing. James Sierra. (2014). Ingeniería de caminos rurales. México: Instituto Mexicano del Transporte Órgano Desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes México.

Nazaret Rojas Morales. (2011). Curvas de intensidad duración frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas. Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (Abril, 2008). Cuencas. Cuencas Hidrográficas: Responsabilidad social y Técnica, No.231, 16.

Ana Carolina García García Jonathan Ricardo Herrera Restrepo. (2017). Propuesta De Diseño Geométrico Vial De Una Intersección En La Avenida Ciudad De Cali Con Calle 72, Bogotá. 24 De Julio Del 2019, De Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales Tecnología En Topografía Sitio Web: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7691/1/Garc%C3%ADaGarc%C3%ADaAnaCarolina2018.pdf>

## 15. Anexos

## 15.1 Anexo Información para diseño de estructura de pavimento

**MUNICIPALIDAD DE SANTA CRUZ**  
**DIRECCIÓN DE DESARROLLO URBANO Y RURAL**  
 TELEFONOS: 2680-0101 EXTENSIÓN 129, FAX 2680-0629.  
 SANTA CRUZ — GUANACASTE



Santa Cruz, 30 de Abril del 2020.  
 DDUR-EXT-06-2020.

Señor.  
 Jafet Mendoza Zúñiga.  
 Presente.

**Asunto en referencia:** Información para diseño de estructura de pavimento.

Estimado Señor:

Con respecto al asunto en referencia, le manifiesto que a continuación se establecen los parámetros básicos para el **diseño de la estructura de pavimento en Barrio Panamá**, ciudad de Santa Cruz:

**CBR= 6,3 ; Mr=6 911 psi**

Atentamente,

**DIEGO ALBERTO  
 RODRIGUEZ  
 GALAGARZA  
 (FIRMA)**

Firmado digitalmente por DIEGO ALBERTO RODRIGUEZ GALAGARZA (FIRMA)  
 DN: SERIALNUMBER=CPF-05-0269-0098, SN=RODRIGUEZ GALAGARZA, G=DIEGO ALBERTO, C=CR, O=PERSONA FISICA, OU=CIUDADANO, CN=DIEGO ALBERTO RODRIGUEZ GALAGARZA (FIRMA)  
 Razón: Soy el autor de este documento  
 Ubicación: su firma se ubicará aquí  
 Fecha: 2020-04-30 09:13:15  
 Foxit Reader Versión: 9.6.0

Ing. Diego A. Rodríguez Galagarza  
**DIRECTOR DE DESARROLLO URBANO Y RURAL**

cc. /Expediente/.

Fuente: Municipalidad de Santa Cruz, 2020.

## 15.2 Anexo Foto aérea para el cálculo de escorrentía.



Fuente: Elaboración propia, 2020.



15.3 Anexo Portada planos



**PROYECTO:**  
PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y EL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL Y HORIZONTAL DEL BARRIO PANAMÁ, SANTA CRUZ DE GUANACASTE

**PROPIETARIO:**  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CRUZ, GUANACASTE

INDICE		LÁMINA
PORTADA	1	1/1
PRESENTACIÓN INDICE		
SECCIONES TÍPICAS	2	
SECCION TÍPICA	2.1	
PLANTA DE PROYECCIÓN	3	
PLANTA DE PROYECCIÓN	3.1	
PLANTA Y TIERRA DERIVANTE	4	
CONDICIONES	4.1	4.2
PLANTA DE SEÑALIZACIÓN	5	5.1
CONDICIONES		



**PROYECTO**

UBICACIÓN GEOGRÁFICA  
EN Google Earth  
SIN ESCALA

**PROYECTO:**  
PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y EL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL Y HORIZONTAL DEL BARRIO PANAMÁ, SANTA CRUZ DE GUANACASTE

**PROPIETARIO:**  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CRUZ, GUANACASTE



**ESTADO NACIONAL DE PANAMÁ**  
GOBIERNO REGIONAL DE GUANACASTE  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CRUZ  
DISEÑO: JAFET HERNÁNDEZ ZARFAGA

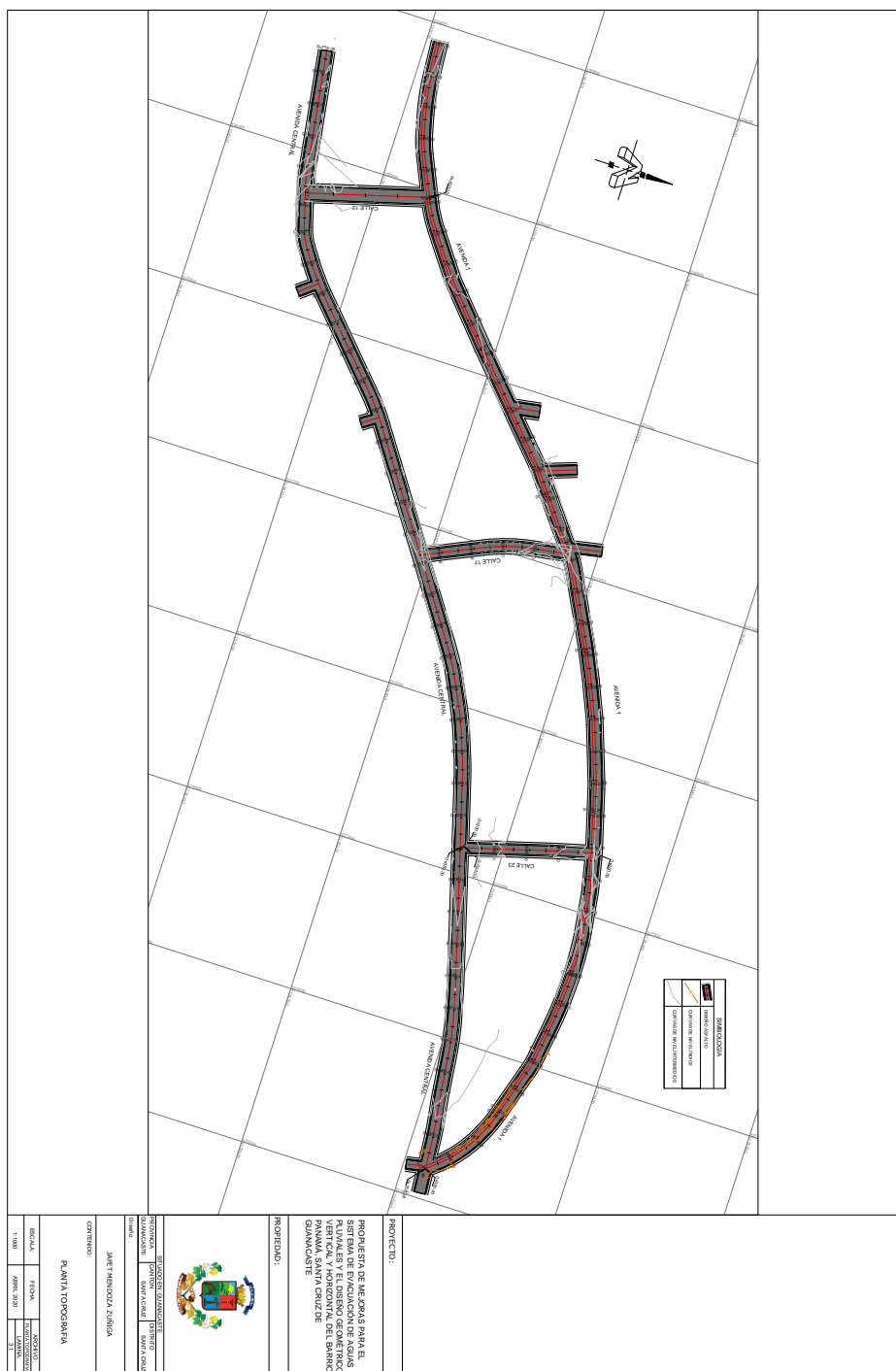
**PORTADA**

ESCALA:	PROYECTO:	CONTENIDO:
GRÁFICA:	MAPA 1/500	PORTADA
SEÑALIZADA:		1

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

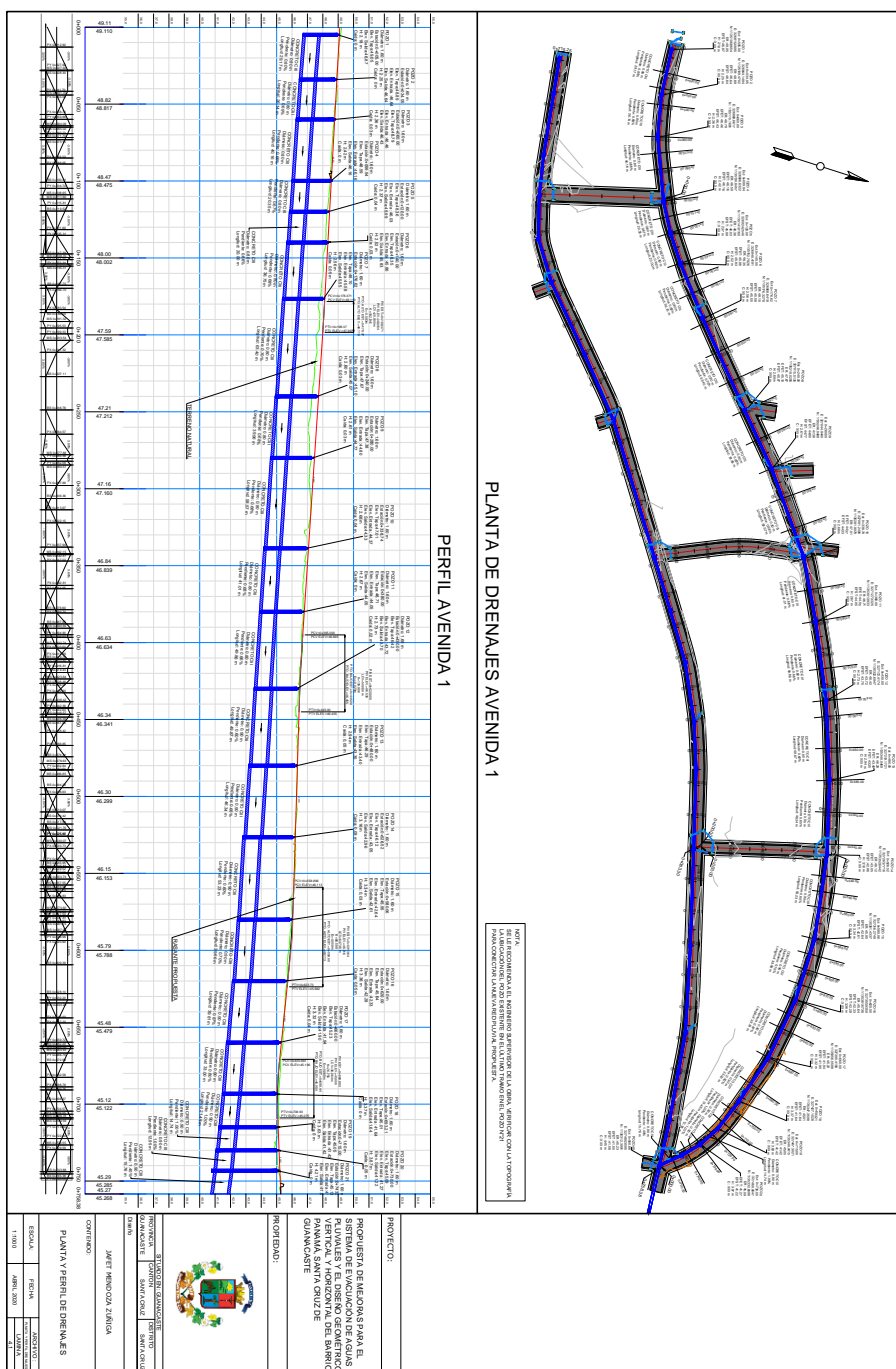


### 15.5 Anexo Planta Topográfica



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

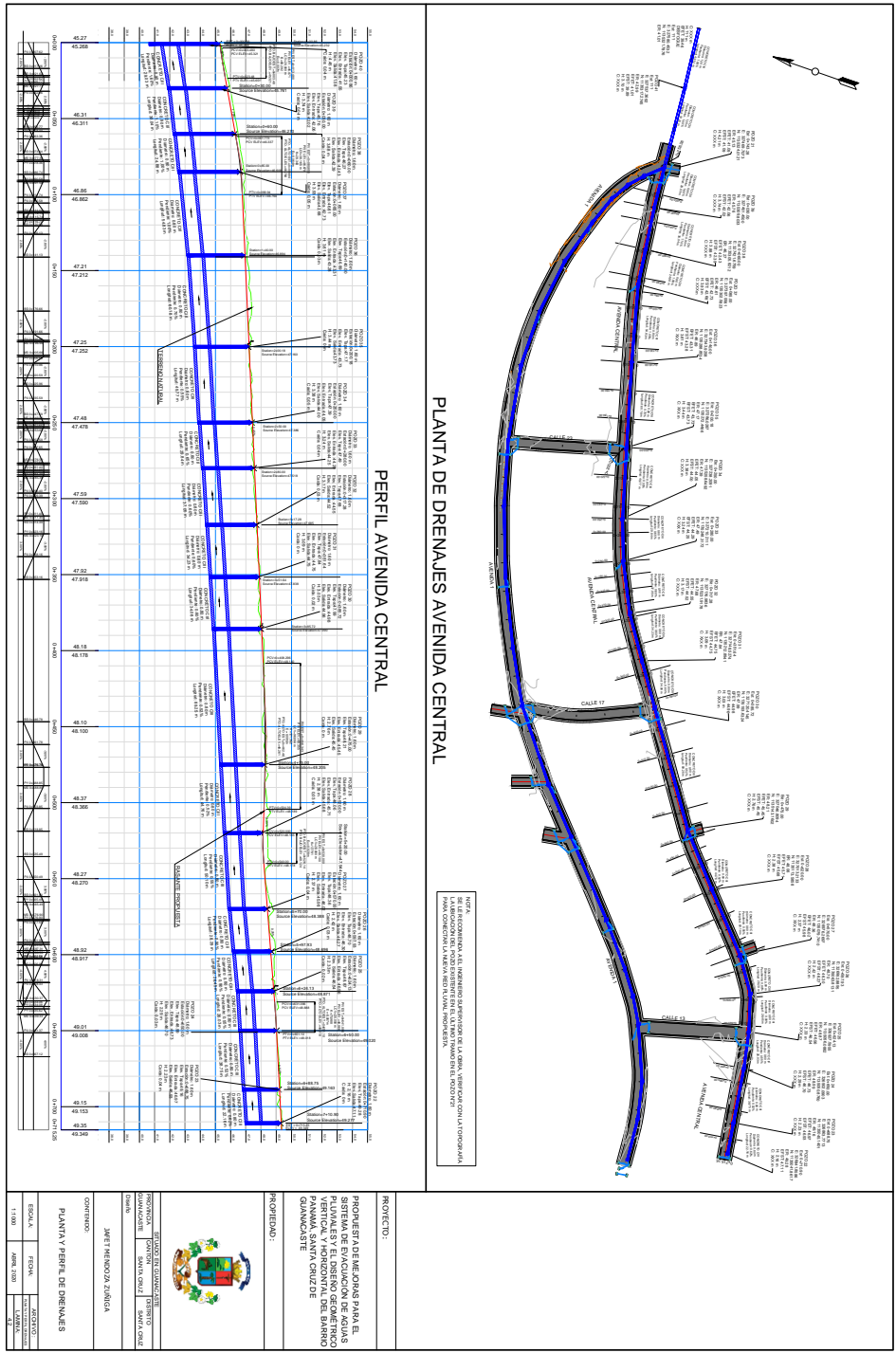
15.6 Anexo Planta de perfil Avenida 1



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

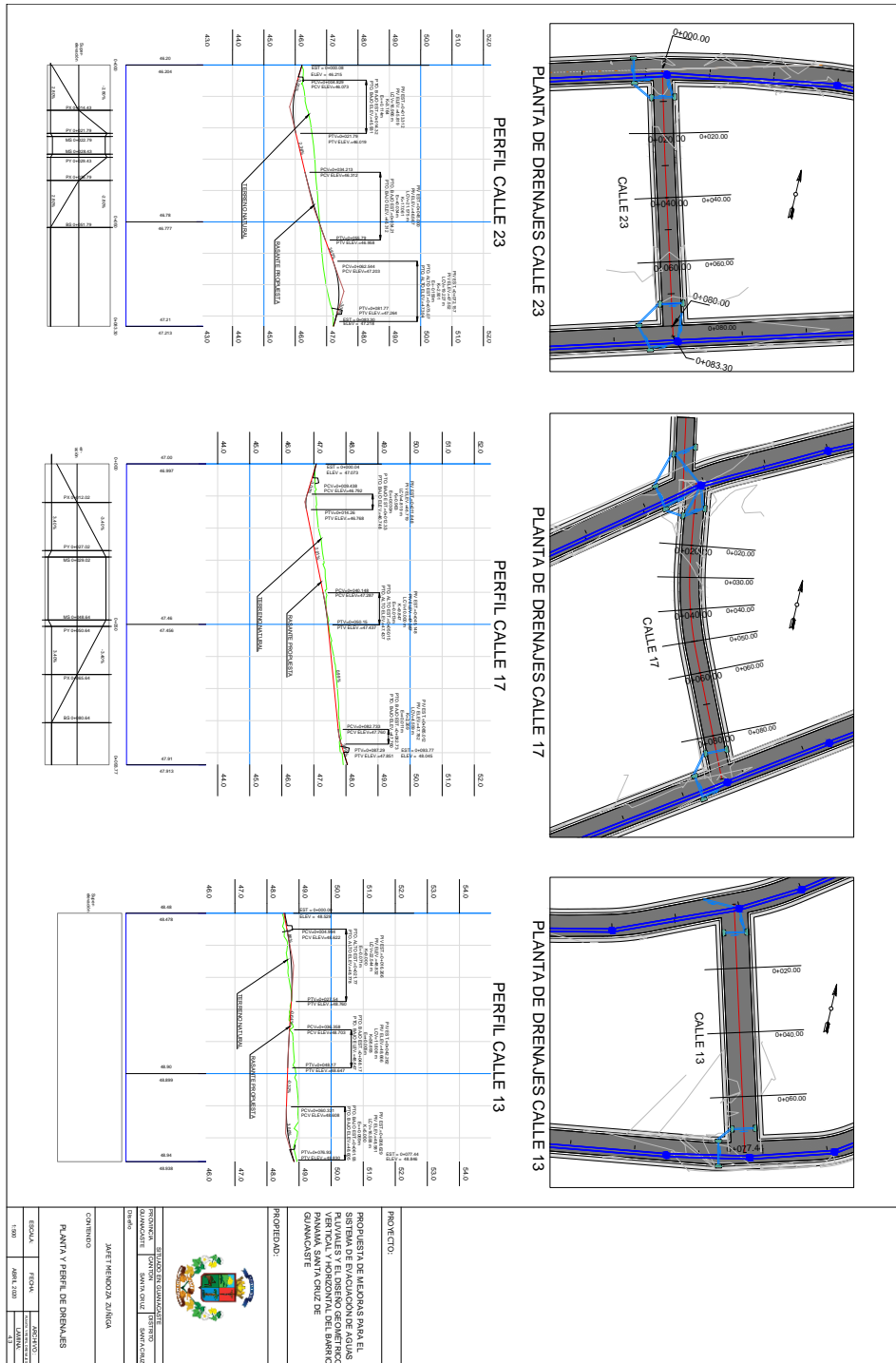


### 15.7 Anexo Planta perfil Avenida Central



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

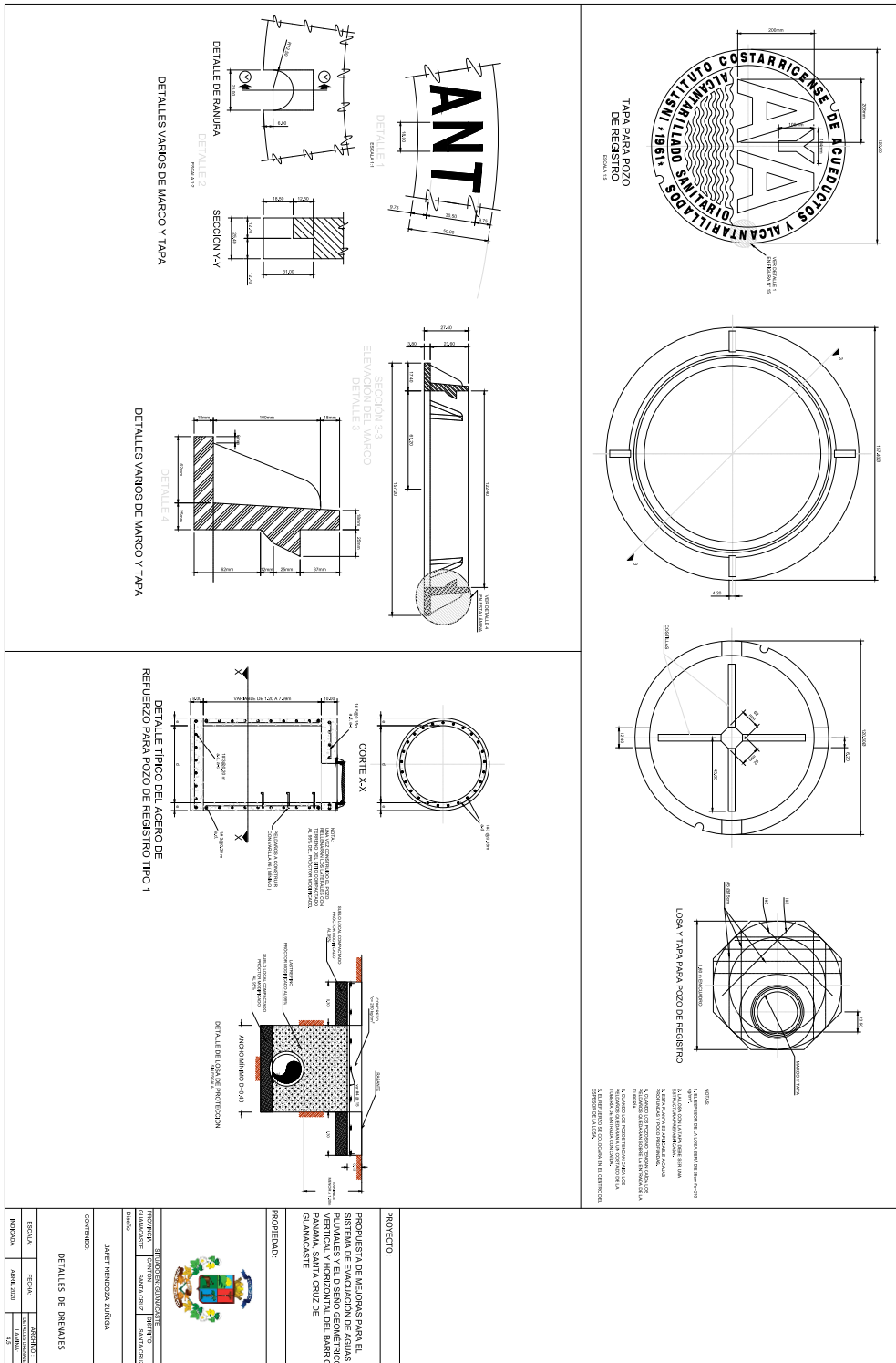
15.8 Anexo Planta perfil Calle 13, Calle 17, Calle 23



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

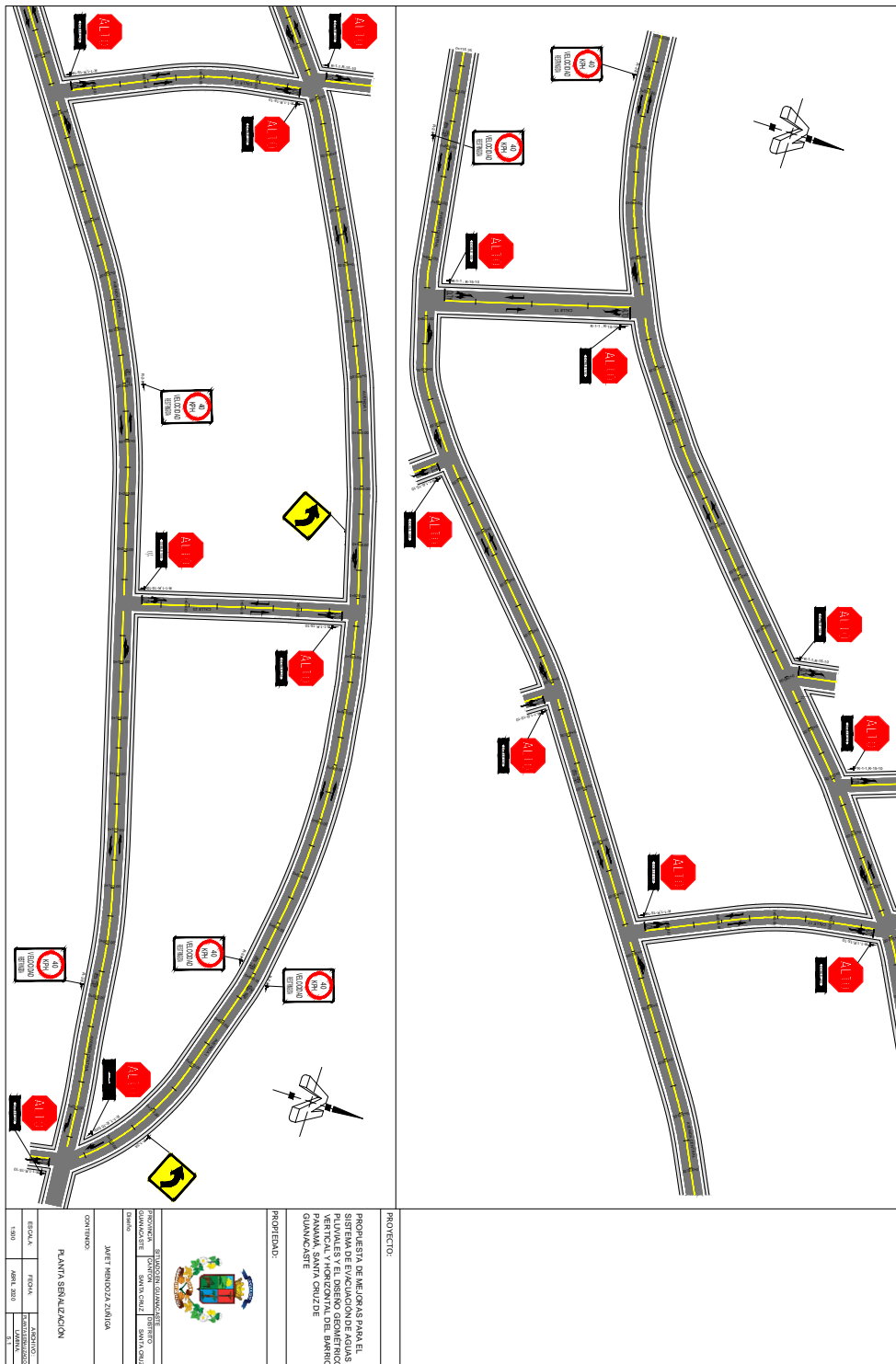


16 Anexo Detalle de drenajes 2



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

16.1 Anexo Planta de señalización



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

