



Universidad Latina de Costa Rica

Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y las

Comunicaciones

Licenciatura en Ingeniería Civil

Proyecto de Graduación

**PROPUESTA DE DISEÑO VIAL PARA LA MEJORA DEL BARRIO
JERUSALÉN Y EL RESIDENCIAL CHOROTEGA EN SANTA CRUZ,
GUANACASTE**

Daniela Andrea Oviedo Arias

Tutor: Ing. Marcos Sánchez Pérez

Heredia, Mayo de 2020



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: *"Propuesta de diseño vial para la mejora del Barrio Jerusalén y el Residencial Chorotega en Santa Cruz, Guanacaste"* por el (la) estudiante: Daniela Andrea Oviedo Arias, 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*:

Marco Sánchez Pérez

Tutor

Alberto González Solera

Lector

Giovanni Arguedas Morales

Representante



COMITÉ ASESOR

Ing. Marco Sánchez Pérez

Tutor

Ing. Alberto González Solera

Lector

Ing. Giovanni Arguedas Morales

Representante



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

Heredia, 7 de mayo 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 DISEÑO VIAL PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALÉN Y EL RESIDENCIAL CHOROTEGA EN SANTA CRUZ, GUANACASTE** por parte de la estudiante: Daniela Andrea Oviedo Arias 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 APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD (PROYECTO DE
GRADUACIÓN)**

Heredia, 30 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 DISEÑO VIAL PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALÉN Y EL RESIDENCIAL CHOROTEGA EN SANTA CRUZ, GUANACASTE** por parte de la estudiante: Daniela Andrea Oviedo Arias 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 16:26:57 -06'00'

Ing. Alberto González Solera

19 de mayo de 2020

Universidad Latina de Costa Rica

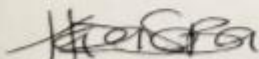
Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información

Estimados señores y estimadas señoras:

De la manera más atenta, se les comunica que he leído la tesis sometida a consideración, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, denominada: *Propuesta de diseño vial para la mejora del barrio Jerusalén y el residencial Chorotega en Santa Cruz, Guanacaste*, elaborada por Daniela Oviedo Arias.

Revisé y corregí el texto en lo relativo a la ortografía y puntuación, riqueza, propiedad y precisión léxica, adecuación morfosintáctica, uso de conectores y cohesión. En este sentido, el documento cumple con los requerimientos de presentación, pero la edición final del texto, que incluirá o excluirá las correcciones filológicas, queda bajo la completa responsabilidad de la clienta.

Cordialmente,



María Raquel Solís Barquero

Bachiller en Filología Española

Cédula: 1-1316-0233

Carné: 0070 ACFIL

"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:

Oviedo Arias, Daniela

De la Carrera/ Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil

Autor(es) del trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE DISEÑO VIAL PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALÉN Y EL RESIDENCIAL CHOROTEGA EN SANTA CRUZ, DE GUANACASTE.

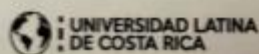
Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios 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 7:30 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 esta carta:



RESUMEN

En el presente trabajo se pretende presentar una modificación al trazado de la calle existente del Barrio Jerusalén y del Residencial Chorotega en Santa Cruz, Guanacaste debido a que esta zona sufre constantes inundaciones a causa de las lluvias que se presentan en dichos lugares.

Para el diseño propuesto, con base en la topografía brindada por la Municipalidad de Santa Cruz, se logra determinar el diseño adecuado de dichas calles, y con ello, elaborar una propuesta de diseño geométrico por medio de un diseño horizontal y vertical, para que, al momento de transitar por el lugar, los vecinos de este barrio puedan hacerlo de una manera más segura. Además, se hizo el diseño de las estructuras del sistema de alcantarillado pluvial necesarias para el desfogue, el cual se realizó por medio de un estudio hidrológico con el fin de determinar las cuencas para crear una red que sea capaz de abastecer la demanda en la zona en la que se desarrolla el proyecto. Asimismo, se diseñó la estructura del pavimento a partir del tránsito promedio diario (TPD) realizado, junto con datos del estudio de suelos, el cual fue brindado por la Municipalidad de Santa Cruz.

Para todo el diseño se consideran las normas tales como el de Normas Diseño y Construcción Sistemas Agua, Saneamiento y Pluvial, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, AASHTO 93, entre otros.

Finalizada la propuesta se procede a entregar los planos detalladas para que estos queden a disposición de la Municipalidad de Santa Cruz, Guanacaste y así poder tomarlos en cuenta para el desarrollo del proyecto a futuro.

SUMMARY

In the present work, the aim is to present a modification to the layout of the existing street of the Jerusalem neighborhood and of the Chorotega Residential in Santa Cruz, Guanacaste because this area suffers constant flooding due to the rains that occur in these places.

For the proposed design, based on the topography provided by the Municipality of Santa Cruz, it is possible to determine the appropriate design of these streets, and with this, prepare a geometric design proposal through a horizontal and vertical design, so that, When traveling through the place, the residents of this neighborhood can do it in a safer way. In addition, the design of the structures of the storm sewer system necessary for the discharge was made, which was carried out through a hydrological study in order to determine the basins to create a network that is capable of supplying demand in the area in which the project is developed. Likewise, the pavement structure was designed based on the average daily traffic (TPD) carried out, together with data from the soil study, which was provided by the Municipality of Santa Cruz.

For all the design, the standards such as the Standards for Design and Construction of Water, Sanitation and Storm Systems, Central American Manual of Standards for Geometric Design of Roads, AASHTO 93, among others, are considered.

Once the proposal is finished, the detailed plans are delivered so that they are available to the Municipality of Santa Cruz, Guanacaste and thus be able to take them into account for the development of the project in the future.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecerle a Dios por haberme dado la oportunidad de escoger una carrera maravillosa, por acompañarme a lo largo de esta travesía, y por sobre todo darme mucha fortaleza para salir adelante siempre.

A mi familia, por siempre estar presentes durante toda la carrera, dándome su apoyo y amor incondicional, ya que sin ellos no hubiera sido posible salir victoriosa en mi formación como profesional. Doy gracias infinitas porque la educación es la mejor muestra de amor.

A mi novio Marlon, fue parte importante de este proceso, siempre estuvo ahí animándome, dándome su amor, comprensión y apoyo, y siempre creyó en mí y fue mi compañero a lo largo de este sueño que se llama ser ingeniera.

A mis amigos incondicionales de la universidad Jorge Benavides y Jafet Mendoza, que más que solo ser compañeros de carrera, forjamos una amistad que nos llevó a soportar juntos los momentos más difíciles y aprendimos siempre el uno del otro.

A los profesores de la Universidad Latina de Costa Rica, por el conocimiento brindado a lo largo de la carrera.

Por último, a mi tutor el Ing. Marcos Sánchez Pérez, por ser mi guía a lo largo de este trayecto, quien siempre estuvo presente para brindarme su experiencia, conocimientos y consejos en la materia.

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este proyecto principalmente a mi abuelito, quien más que un abuelito es un papá que siempre ha luchado por mi bienestar y felicidad y que gracias a su apoyo y amor hoy logré cumplir este sueño.

Índice

RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
AGRADECIMIENTO	X
DEDICATORIA	XI
INTRODUCCIÓN	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. Planteamiento del problema de investigación	15
1.3. Objetivo general	15
1.4. Objetivos específicos	15
1.5. Justificación	16
1.6. Alcances y limitaciones	16
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Marco situacional	19
2.1.1. Contexto específico	19
2.1.2. Contexto geográfico	19
2.1.3. Contexto hidrográfico	19
2.1.4. Extensión del cantón, distrito y límites	19
2.1.5. Población del cantón	20
2.1.6. Amenazas naturales	20
2.1.7. Institución dónde se va a realizar el proyecto final de graduación	22
2.1.7.1. Misión	22
2.1.7.2. Visión	22

2.1.8. Características y condición actual.....	23
2.2. Marco teórico-conceptual	24
2.2.1. Hidrología.....	24
2.2.4. Coeficiente de escorrentía	24
2.2.5. Período de retorno	24
2.2.6. Tiempo de concentración	25
2.2.7. Intensidad de lluvia	26
2.2.8. Método racional	26
2.2.9. Hidráulica.....	27
2.2.10. Caudal de diseño.....	27
2.2.11. Alcantarillas	28
2.2.12. Colector	28
2.2.13. Cuenca urbana.....	29
2.2.14. Clasificación de las carreteras	29
2.2.15. Red vial nacional.....	29
2.2.16. Red vial cantonal	30
2.2.17. Clasificación por ancho de vía.....	30
2.2.17.1. Estrechas.....	30
2.2.17.2. Medias.....	30
2.2.17.3. Anchas.....	31
2.2.18. Drenajes en carreteras	31
2.2.19. Drenajes superficiales.....	32
2.2.20. Drenajes longitudinales.....	32

2.2.21. Cunetas	32
2.2.22. Diseño geométrico	32
2.2.23. Diseño geométrico vertical	33
2.2.24. Diseño geométrico horizontal	33
2.2.25. Diseño geométrico transversal	33
2.2.26. Especificaciones para el diseño del alineamiento vertical	36
2.2.27. Pendientes máximas	37
2.2.28. Velocidad de diseño	37
2.2.28.1 Clasificación según la velocidad de diseño	38
2.2.29. Curvas verticales simétricas	39
2.2.30. Curva vertical asimétrica	40
2.2.31. Radio mínimo	41
2.2.32. Curvas circulares simples	42
2.2.33. Curvas circulares compuestas	43
2.2.34. Ejes equivalentes	45
2.2.35. Factor camión	46
2.2.36. Metodología AASHTO-93 para diseño de carreteras	46
2.2.37. Pavimento	46
2.2.37.1. Carpeta asfáltica	47
2.2.37.2. Base	47
2.2.37.3. Subbase granular	47
2.2.37.4. Subrasante	48
2.2.38. Señalización	48

2.2.38.1 Señalamiento vertical	48
2.2.38.2 Señalamiento horizontal.....	49
2.2.38.3. Señalamiento luminoso.....	50
MARCO METODOLÓGICO	51
3.1. Paradigma	51
3.2. Enfoque metodológico	52
3.2.1. Desarrollo de los objetivos	52
3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	53
3.3.1. Diseño geométrico.....	53
3.3.1.2. Elección de “k”.....	53
3.3.1.3. Clasificación de la carretera del proyecto	54
3.3.1.4. Elección del ancho de acera	55
3.3.1. Diseño de pavimento.....	55
3.3.1.1. Cálculo del factor camión (EALF)	55
3.3.1.2. Cálculo de los Ejes Equivalentes por medio de AASHTO 93 (ESAL’s)	56
3.3.1.3. Cálculo del módulo de resiliencia de la subrasante (M_R)	58
3.3.1.4. Período de diseño	60
3.3.1.4. Cálculo del número estructural (SN)	60
3.3.1.5. Cálculo de la deformación a tensión (ϵ_t) y deformación a compresión (E_{vs}) del pavimento	68
3.3.2. Diseño hidrológico	69
3.3.2.1. Cálculo de la intensidad de lluvia.....	69
3.3.2.2. Cálculo del tiempo de concentración	72
3.3.2.3. Período de retorno	73

3.3.3. Diseño hidráulico	73
3.3.3.1. Cálculo del caudal de diseño	73
3.3.3.2. Elección del coeficiente de escorrentía	74
3.3.3.3. Elección del coeficiente de Manning	74
3.4. Técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos	75
3.4.1. Diseño de pavimento	75
3.4.1.1. Cálculo de los ejes equivalentes	76
3.4.1.2. Cálculo final del número estructural SN	77
3.4.1.3. Verificación de cumplimiento de la estructura de pavimento en PITRA PAVE	81
3.4.2. Diseño de cordón de caño	85
3.4.3. Diseño hidrológico	85
3.4.3.1. Cálculo del tiempo de concentración	86
3.4.3.2. Cálculo de la intensidad de lluvia	88
3.4.4. Diseño hidráulico	90
3.4.4.1. Cálculo del coeficiente de escorrentía	90
3.4.4.2. Cálculo de caudales	91
3.4.5. Implementación del programa Autodesk Civil 3D	92
3.4.6. Diseño de pozos	92
3.4.7. Señalización	94
3.4.7.1. Captaluces	96
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99

ANEXOS	101
--------------	-----

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Ubicación del barrio Jerusalén y residencial Chorotega, Santa Cruz, Guanacaste	23
Ilustración 2 Diseño período de retorno en km.....	25
Ilustración 3 Sección típica transversal.....	34
Ilustración 4 Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales	37
Ilustración 5 Clasificación de carreteras según su velocidad de diseño.....	39
Ilustración 6 Parábola de curva vertical simétrica.....	40
Ilustración 7 Curva vertical asimétrica	40
Ilustración 8 Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”	41
Ilustración 9 Elementos geométricos de una curva circular simple.....	43
Ilustración 10 Elementos geométricos de una curva circular compuesta.....	45
Ilustración 11 Control de diseño para curva vertical cóncava o en columpio	53
Ilustración 12 Clasificación de las carreteras	54
Ilustración 13 Anchos mínimos de espaldones y aceras	55
Ilustración 14 Factores crecimiento	58
Ilustración 15 Composición de las capas del pavimento	59
Ilustración 16 Período de diseño para pavimentos flexibles	60
Ilustración 17 Diseño de número estructural.....	61
Ilustración 18 Niveles de confianza e índices terminales de servicio	61
Ilustración 19 Coeficiente estructural para MAC	64

Ilustración 20	Coeficiente estructural para base granular	65
Ilustración 21	Coeficiente estructural para subbase granular	66
Ilustración 22	Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx)	67
Ilustración 23	Coordenadas	68
Ilustración 24	Estaciones meteorológicas automáticas seleccionadas.....	70
Ilustración 25	Modelos ajustados por estación pluviográfica.....	71
Ilustración 26	Coeficientes de escurrimiento para ser usados en el método racional	74
Ilustración 27	Coeficientes n de Manning	75
Ilustración 28	Cálculo de los ejes equivalentes (ESAL's)	76
Ilustración 29	Valores para el cálculo del SN1, SN2 y SN3	77
Ilustración 30	Propuesta de la estructura de pavimento.....	80
Ilustración 31	Espesores utilizados	82
Ilustración 32	Resultado de las deformaciones plásticas	84
Ilustración 33	Resultado de las deformaciones plásticas con el nuevo espesor de la subbase	85
Ilustración 34	Propuesta final de la estructura del pavimento.....	85
Ilustración 35	Tiempos de concentración	86
Ilustración 36	Estación para la intensidad de lluvia.....	88
Ilustración 37	Cálculo del coeficiente de escorrentía	90
Ilustración 38	Dimensiones mínimas para la colocación de señalamiento vertical	96
Ilustración 39	Información para el Diseño de Pavimento.....	101
Ilustración 40	Diseño del Cordón de Caño a usar	102
Ilustración 41	Portada de plano	103
Ilustración 42	Sección típica	104

Ilustración 43 Planta topografía.....	105
Ilustración 44 Planta y perfil calle 17	106
Ilustración 45 Planta calle Arriba-Jerusalén	107
Ilustración 46 Perfil calle Arriba-Jerusalén.....	108
Ilustración 47 Planta y perfil calle pequeña 1 y 2.....	109
Ilustración 48 Planta y perfil calle transversal 1	110
Ilustración 49 Planta y perfil calle transversal 2	111
Ilustración 50 Planta y perfil calle transversal 3	112
Ilustración 51 Planta y perfil calle transversal 4	113
Ilustración 52 Planta y perfil calle transversal 5	114
Ilustración 53 Planta y perfil desfogue	115
Ilustración 54 Detalles drenajes	116
Ilustración 55 Detalles drenajes	117
Ilustración 56 Planta de señalización.....	118

Índice de Tablas

Tabla 1 Factores Camión para Diseño Estructural.....	56
Tabla 2 Factor Distribución Carril.....	58
Tabla 3 Desviación Estándar	62
Tabla 4 Valores de PO.....	62
Tabla 5 Valores de Pt	63
Tabla 6 Resultados de los Valores SN.....	77
Tabla 7 Espesores Mínimos Sugeridos	81

Tabla 8 Tiempos de Concentración obtenidos en la Hoja del AyA.....	87
Tabla 9 Intensidades obtenidas mediante la Hoja del AyA	89
Tabla 10 Resultados Obtenidos de Caudales de Diseño.....	91
Tabla 11 Área de Influencia de Pozos.....	93
Tabla 12 Resumen Tuberías	94
Tabla 13 Señalamiento Vertical	95

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1	56
Ecuación 2	57
Ecuación 3	59
Ecuación 4	60
Ecuación 5	62
Ecuación 6	67
Ecuación 7	72
Ecuación 8	73
Ecuación 9	78
Ecuación 10	78
Ecuación 11	78
Ecuación 12	78
Ecuación 13	78
Ecuación 14	79
Ecuación 15	79
Ecuación 16	79

Ecuación 17	79
Ecuación 18	79
Ecuación 19	80
Ecuación 20	80
Ecuación 21	80
Ecuación 22	80
Ecuación 23	80
Ecuación 24	81
Ecuación 25	81
Ecuación 26	82
Ecuación 27	82
Ecuación 28	83
Ecuación 29	83
Ecuación 30	83
Ecuación 31	84
Ecuación 32	84
Ecuación 33	88
Ecuación 34	88

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Santa Cruz, Guanacaste, fue fundada el 7 de diciembre de 1848, mediante el decreto N° 167, siendo este el cantón tercero de la provincia. El panorama cultural de Guanacaste se origina de los primeros grupos indígenas que habitaron la zona hace unos diez mil años. Aún en la actualidad se conservan algunos elementos del pasado.

La historia de esta provincia viene antes de la llegada de los españoles, el área fue habitada por los indios conocidos como chorotega, que son parte de la cultura de Mesoamérica. También habitan los corobicí, que pertenecían a la Zona Media. Comprender la historia de Santa Cruz va más allá a lo que a simple vista se sabe, pues esta zona es un cantón distinguido por su alegría, folclor, comidas, bailes típicos, etc.

Sin embargo, desde hace algunas décadas se reconoce el auge de la actividad económica del turismo en la región, relacionado con cambios como el aumento de inversiones internacionales, nuevas orientaciones para la preparación académica y técnica, todo esto beneficia al cantón ya que las personas pueden contar con mejores oportunidades.

Por el año de 1814 fueron trazadas las calles de la ciudad. Dicho esto, cabe mencionar, que el tema de la infraestructura vial conlleva al buen estado y mantenimiento correcto de las calles, aunque esto no pasa la mayoría del tiempo, debido a que las carreteras que se encuentran en mejores condiciones son por las que transitan los turistas o las más cercanas a los centros de esparcimiento como playas y restaurantes.

En el Programa de Red Vial Cantonal II se pretende mejorar las condiciones de diferentes carreteras del país, entre las cuales está incluido el cantón de Santa Cruz, con una superficie final de tratamiento anti-erosión, esto debido a estar en una zona costera.

1.2. Planteamiento del problema de investigación

En la zona de Santa Cruz, Guanacaste cuando llueve se producen inundaciones, especialmente en el barrio Jerusalén y en el residencial Chorotega, esto provoca que los vecinos de estos lugares tengan que reubicarse en diferentes albergues porque sus casas se vuelven inhabitables y peligrosas. Asimismo, otro de los daños producidos con las inundaciones se da en las carreteras, esto se origina por diversos factores como, por ejemplo, el mal manejo de desechos sólidos que terminan en las alcantarillas y cuando llueve el sistema de evacuación de aguas no tiene la capacidad hidráulica para soportar la cantidad de basura junto con el agua, lo que provoca que haya un desbordamiento de las alcantarillas y, por ende, se inundan las comunidades. Además, como consecuencia, las carreteras se encuentran en mal estado, y a pesar del paso del tiempo no se les da el mantenimiento requerido para que estas cumplan con su tiempo de vida útil.

1.3. Objetivo general

Proponer el diseño vial para la mejora del barrio Jerusalén y el residencial Chorotega en Santa Cruz, Guanacaste.

1.4. Objetivos específicos

1.4.1. Elaborar un estudio hidrológico que permita una solución al problema actual.

1.4.2. Realizar una propuesta para el diseño geométrico y de pavimento correspondiente a la zona en estudio.

1.4.3. Especificar la señalización vial correspondiente a la zona del proyecto.

1.5. Justificación

La construcción de este proyecto va a venir a solucionar una parte del problema actual que presenta el cantón de Santa Cruz, Guanacaste, pues al no contar con el sistema de alcantarillado óptimo, cuando llueve se producen inundaciones en esta zona, lo cual produce afectación en los hogares, negocios y centros turísticos; por lo tanto, las personas se ven obligadas a albergarse en otras zonas para no sufrir mayores daños. Además, la infraestructura vial se deteriora, de manera que los vecinos del lugar no se pueden trasladar fácilmente de un lugar a otro. Por esta razón, la propuesta del diseño vial viene a ser parte de la solución ante esta problemática, y para resolver esto se va a aplicar todo lo aprendido en la universidad con la ayuda del tutor.

1.6. Alcances y limitaciones

Se va a realizar el diseño vial en el barrio Jerusalén y el residencial Chorotega en Santa Cruz, Guanacaste, el área de realización del trabajo va a ser de 50,651.77 m². Para esto se va a hacer un estudio hidrológico de la zona con el fin de determinar la cantidad de lluvia del lugar y con base en la información obtenida se hará el diseño del sistema de alcantarillado para que estas sean capaces de soportar los niveles de lluvia de la zona, y para los detalles

finales se usará Civil 3D. Es necesario mencionar que el estudio topográfico será brindado por la Municipalidad de Santa Cruz.

Asimismo, como parte de las limitaciones se tiene que por cuestiones de tiempo solo se va a trabajar en una zona específica, por lo cual otras zonas aledañas no contarán con el diseño correspondiente que se realizará. Otra limitante corresponde a las medidas exactas que se les den a las calles, esto debido a que la topografía brindada no abarca todo el derecho de vía. Parte de las limitaciones es el estudio de suelos, porque, aunque la Municipalidad de Santa Cruz brinda el California Bearing Ratio (CBR) del suelo no es posible trabajar solo con un dato por factor precisión.

1.7. Impacto

Este proyecto va a tener un impacto social, económico y ambiental importante, ya que busca mejorar la calidad de vida de los habitantes del lugar, con lo cual tendrían la oportunidad de poder vivir con la calma de que la casa o negocio no se les llegue a inundar cuando haya fuertes lluvias.

En el ámbito económico, también les va a permitir desplazarse de una forma más fácil sin que su medio de transporte sufra daños por la condición de la carretera; por otra parte, se van a beneficiar porque no tendrán que invertir en la reparación de las casas y compras de artefactos, después de las lluvias.

En la parte ambiental va a ser una mejora debido a que cuando llueva no se van a ver los desechos en las calles como producto del desbordamiento de aguas de las tuberías porque estas van a tener mejor capacidad hidráulica.

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco situacional

2.1.1. Contexto específico

El proyecto se desarrolla a partir de conocimientos de hidrología, hidráulica y diseño vial.

2.1.2. Contexto geográfico

El presente trabajo se enfoca en el Barrio Jerusalén y Residencial Chorotega, ubicados en Santa Cruz, Guanacaste, comprendidos entre las calles 15, 17, 19 y avenida 5, siendo específicos 300 metros norte y 300 metros oeste del centro de Santa Cruz.

2.1.3. Contexto hidrográfico

El sistema fluvial del cantón Santa Cruz, corresponde a la vertiente del Pacífico, el cual pertenece a las cuencas de los ríos de la península de Nicoya, y del río Tempisque. Es drenada por los ríos Montaña, Rosario, Cuajiniquil Tabaco, Lagarto, Pilas Andamojo, San Francisco, San Andrés, Matapalo y Zapote; los cuales nacen en el cantón, cuyas aguas van de sureste a noroeste, hasta desembocar al océano Pacífico. El río Montaña es límite con el cantón Nicoya.

2.1.4. Extensión del cantón, distrito y límites

El cantón de Santa Cruz se encuentra ubicado en la provincia de Guanacaste, región Chorotega, la cual cubre un 20 % del territorio nacional, 10 140.71 km²; cabe destacar que

Santa Cruz cuenta con una superficie de 1 312.27 km² y se encuentra dividido en nueve distritos. Este cantón limita al norte con el cantón de Carrillo, al este con los cantones de Bagaces y Nicoya, al sur con el cantón de Nicoya y al oeste con el océano Pacífico.

2.1.5. Población del cantón

Según los datos preliminares del Censo de población de 2011, Santa Cruz cuenta con 21 544 habitantes, lo que representan el 79.2 % de la población de dicho cantón.

2.1.6. Amenazas naturales

El cantón de Santa Cruz presenta dentro de sus principales amenazas naturales las inundaciones y amenazas geológicas como fallas, sismos y deslizamientos. En la zona de la ciudad de Santa Cruz la principal amenaza según la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) es la de riesgo de inundación.

El cantón de Santa Cruz posee una red fluvial bien definida, la misma cuenta con un grupo de ríos y quebradas que se pueden considerar el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón. Dicha red de drenaje está compuesta principalmente por:

- Río Diría
- Río Enmedio
- Río Limones
- Río Nosara
- Río Cañas
- Río Tempate

- Río San Andrés
- Río Cuajiniquil
- Río Bolsón

De estos ríos y quebradas, algunos se desbordan con mayor frecuencia que antes y se generan más inundaciones que en décadas anteriores, esto a causa de la ocupación de las planicies de inundación, además del desarrollo agropecuario y urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación, al margen de las leyes que regulan el desarrollo urbano y forestal.

A lo anterior, se suma el lanzamiento de desechos sólidos a los cauces, lo cual reduce la capacidad de la sección hidráulica y provoca el desbordamiento de ríos y quebradas. Esta situación ha sido generada por los serios problemas de construcción de viviendas cercanas a los ríos en el cantón de Santa Cruz.

Las zonas o barrios que pueden ser afectados por las inundaciones y avalanchas de los ríos y quebradas antes mencionadas según la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) son:

- Río Diría: Santa Cruz, Bernabela
- Río Enmedio: Arado, Hato Viejo, Santa Cruz
- Río Limones: Delicias, río Seco
- Río Nosara: Belén, Nosara, Santa Marta
- Río Cañas: río Cañas, Ortega
- Río Tempate: Paraíso, Tempate

- Río San Andrés: Guatemala, San Andrés
- Río Cuajiniquil: Unión, Palmares, Cuajiniquil
- Río Bolsón: Bolsón, Ortega

2.1.7. Institución dónde se va a realizar el proyecto final de graduación

La institución dónde se va a realizar el trabajo va a ser en la Municipalidad de Santa Cruz, Guanacaste.

2.1.7.1. Misión

Somos una municipalidad comprometida con el uso racional, transparente y eficaz de los recursos municipales, con el progreso continuo de los servicios, preocupada por la mejora de la calidad de vida de las y los santacruceños, orientada por un enfoque estratégico del desarrollo humano local, en armonía con el medio ambiente que permita la participación ciudadana en la atención de los asuntos locales.

2.1.7.2. Visión

Ser una corporación municipal líder en el desarrollo cantonal, orientada al mejoramiento continuo de los servicios que presta a sus contribuyentes, así como un gobierno local responsable de la promoción del desarrollo humano local sostenible con directrices y políticas claras, perspectiva de género, protección de los recursos naturales y manifestaciones histórico-culturales.

2.1.8. Características y condición actual

El proyecto denominado barrio Jerusalén y residencial Chorotega en el cantón de Santa Cruz, Guanacaste, se encuentra actualmente entre las prioridades de la municipalidad de dicho cantón, ya que la idea es proponer un nuevo diseño geométrico y pluvial para la zona mencionada anteriormente.

En la siguiente imagen se muestra la ubicación del proyecto al costado noreste del centro de Santa Cruz.

Ilustración 1 Ubicación del barrio Jerusalén y residencial Chorotega, Santa Cruz, Guanacaste



Fuente: Google Earth Pro, 2019.

2.2. Marco teórico-conceptual

2.2.1. Hidrología

“Es una ciencia que se relaciona con la ocurrencia, la distribución y la circulación natural del agua, en y sobre la superficie de la Tierra”. (Dr. Robert E. Horton, 1931, p. 6)

2.2.2. Escorrentía superficial

El escurrimiento (o escorrentía) superficial puede describirse como el proceso que se inicia con la precipitación de agua desde las zonas más altas. Luego, de forma laminar a través de una pendiente descendente se va acumulando el flujo hasta llegar a un punto de desagüe artificial o de índole natural.

2.2.4. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total.

2.2.5. Período de retorno

Según (Gamboa, 1969) afirma que:

La estadística hidrológica del período 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. (p. 14-15)

- Carretera urbana principal: Es de suma importancia un adecuado drenaje de aguas para una carretera principal por el importante flujo vehicular que surge, pues 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 en estos diseños serán basados en inundaciones de periodos de 5 a 25 años.

En la siguiente tabla se recomiendan para efectos de diseño en el periodo de retorno se ha establecido según la importancia de la vía y cada tipo de drenaje en obra. (Gamboa, 1969)

Ilustración 2 Diseño período de retorno en km

Tipo de Obra de Drenaje	Período de Retorno (Años)			
	Autopistas		Carreteras	
	Avenidas Urbanas	Rurales	Velocidad de Diseño	
			40-100 kph	25-50 kph
Fontones	50	50	50	25
Alcantarillas de Sección Transversal mayor a 4 m ²	50	25	25	10
Alcantarillas de Sección Transversal menor a 4 m ²	25	25	15	10

Para puentes el período de retorno nunca debe ser menor a 50 años.

Fuente: Gamboa, 1969.

2.2.6. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto

de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Este está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante.

2.2.7. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia se puede definir como la tasa de precipitación que cae por unidad de tiempo en una zona establecida durante una época definida se expresa generalmente en mm/h.

Para fines de trabajo se utilizarán las intensidades máximas de las tormentas sobre los centros urbanos más importantes de Costa Rica, en función del tiempo de concentración y del período de retorno. (Vahrson, 1992)

Según Vahrson (1992), la intensidades de lluvia para tiempos de concentración de 5, 10, 15, 30 y 60 minutos, para períodos de retorno $T=10$ años.

2.2.8. Método racional

Según el *Manual de consideraciones técnicas, hidrológicas e hidráulicas*, indica que la relación que utiliza el método racional toma en cuenta los siguientes factores:

- Área de la cuenca
- Altura o intensidad de precipitación
- Las características del terreno

Con esos datos mencionados se calcula la descarga máxima asumiendo que la lluvia es uniforme en toda la cuenca y que el caudal máximo se tomará en su totalidad una vez que toda la superficie esté drenando, es decir, el escurrimiento en la parte baja, de la parte media y de la parte más lejana de la cuenca se acumulan a la salida y con esto se establece un volumen de agua máximo para el diseño.

El método se limita a cuencas de superficies de hasta 2.5 km^2 y de las condiciones que rige el proyecto según su país, normativas locales y de la validez de los resultados obtenidos.

2.2.9. Hidráulica

Caminos (2006), afirma que:

Hidráulica es la rama de la ingeniería civil que aplica los conceptos de mecánica de fluidos y los resultados experimentales obtenidos en laboratorio en la solución de problemas prácticos que tienen que ver con el almacenamiento de agua y con su trasiego en conducciones a presión y en lámina libre.

2.2.10. Caudal de diseño

El caudal de diseño es el volumen de agua que llegará a las obras de drenaje. El objetivo del cálculo de la crecida de diseño es asociar una probabilidad de ocurrencia a las distintas magnitudes de la crecida.

2.2.11. 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:

- A. Encole: Estructura que reduce la velocidad y disipa la energía del agua en la entrada de las obras de drenaje.
- B. Estructura de entrada: Son todas las estructuras destinadas a conducir el agua las cuales son: muro de cabezal, solado, aletas etcétera.
- C. Aletas: Son utilizadas para contener los taludes que conformen un terraplén en la vía.
- D. Tubería: Garantizan la conducción del flujo de un lado a otro, evitando infiltraciones que puedan dañar el pavimento.
- E. Estructura de salida: Obras que entregan el agua al sitio de vertido.

2.2.12. Colector

“Los colectores pluviales son la red de drenaje que permite un rápido desalojo del agua de lluvia, para evitar encharcamientos e inundaciones”. (León, 2018)

2.2.13. Cuenca urbana

“Área drenada donde los arroyos y los ríos son reemplazados por un sistema de alcantarillado y saneamiento que también puede estar influenciada por los patrones de consumo de agua de los habitantes de la ciudad”. (Real Academia de la Ingeniería, 2019)

2.2.14. Clasificación de las carreteras

Para el criterio de diseño funcional en una carretera, la red vial, tanto rural como urbana debe clasificarse de tal manera en funciones específicas a diferentes carreteras y calles, esto con el fin de atender las necesidades de movilidad de las personas de una manera más eficiente, confortable y segura hacia las distintas propiedades o usos de áreas colindantes.

Según la ley 5050 de caminos públicos las carreteras se clasifican en:

2.2.15. Red vial nacional

Corresponde a su administración al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), esto se subdivide en las siguientes clasificaciones:

1. Carreteras primarias: Red de rutas troncales se distinguen por carreteras de largas distancias, por lo general tienen altos volúmenes de tránsito.
2. Carreteras secundarias: Son rutas que conectan con las cabeceras cantonales importantes, tomando en cuenta que no son servidas como carreteras primarias, ya que generan una cantidad considerable de viajes interregionales o intercantonales.

3. Carreteras terciarias: Rutas que sirven de colectoras del tránsito para las carreteras primarias y secundarias, y que constituyen las vías principales para los viajes dentro de una región, o entre distritos importantes.

2.2.16. Red vial cantonal

Para la red vial cantonal, a los gobiernos cantonales les corresponde su administración y se clasifican de la siguiente manera:

1. Caminos vecinales: Son los caminos públicos que suministren acceso directo a fincas y a otras actividades económicas en zonas rurales, poseen bajo volumen de tránsito diario y viajes de corta distancia.
2. Calles locales: Son incluidas dentro del cuadrante de un área urbana, no clasificadas como travesías urbanas de la red vial nacional.
3. Caminos no clasificados: Tales caminos de herradura, sendas, veredas, que proporcionen acceso a muy pocos usuarios.

2.2.17. Clasificación por ancho de vía

2.2.17.1. Estrechas

Vías en las cuales la sección de circulación tiene un ancho inferior a los 5 metros.

2.2.17.2. Medias

Vías en las que los vehículos circulan por una sección con un ancho que va de 5 a 6 metros.

2.2.17.3. Anchas

Vías que pueden tener más de dos carriles y cada uno de ellos tiene más de 3,5 m de ancho.

2.2.18. Drenajes en carreteras

En una carretera es indispensable que el diseño vial tenga un buen sistema de drenaje, el cual permita un adecuado manejo de los fluidos, con el fin de que no afecte los suelos o la estructura de una carretera, y con ello considerar los procesos de captación, conducción y evacuación del agua.

Los sistemas de evacuación y canalización de las aguas son de gran valor para lograr que una vía atienda con eficiencia la circulación del tránsito, independientemente de las condiciones adversas que se presenten a lo largo de su vida útil.

Muchas de las carreteras de Costa Rica poseen un mal drenaje, o un inadecuado diseño, esto produce serios daños a la calzada, y puede provocar graves accidentes por pérdida de visibilidad por efecto salpicado y rociado del agua.

El alineamiento mínimo en las vías debe ser 0,5 % y 3 % la pendiente transversal, en casos donde la zona es propensa a inundaciones se podría diseñar con pendientes menores, esto con la finalidad de permitir un adecuada serviciabilidad de la carretera y la seguridad del tránsito.

2.2.19. Drenajes superficiales

“Conjunto de obras destinadas a la recogida de las aguas pluviales o de deshielo, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática del terreno”. (COSANHER, 2015)

Son obras que actúan directamente sobre la carretera y las obras para el control de erosión de taludes que resultan ser muy importantes en la estabilidad de la vía. Las obras de drenaje superficial que trabajan directamente sobre la carretera se consideran como longitudinales o transversales, según la posición que estas guarden con respecto al eje de la vía.

2.2.20. Drenajes longitudinales

Permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura vial, de forma que no se produzcan destrozos.

2.2.21. Cunetas

Las cunetas son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo el camino en las curvas), el agua que escurre por los cortes y, a veces, la que escurre de pequeñas áreas adyacentes; las cunetas evitan el encharcamiento en la vía y disminuyen el nivel de servicio y podrían causar problemas de infiltración en las capas de la estructura del pavimento.

2.2.22. Diseño geométrico

Según Garber & Hoel (2005):

El diseño geométrico de las vías comprende el dimensionamiento de sus elementos físicos, como curvas verticales y horizontales, anchos de carriles, secciones transversales y bahías de estacionamiento y su objetivo principal es producir una instalación que tenga flujo continuo y seguro que satisfaga las características de los conductores y vehículos.

2.2.23. Diseño geométrico vertical

El diseño geométrico vertical de una carretera, o alineamiento de un perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía, a ese eje se le conoce como rasante o subrasante.

2.2.24. Diseño geométrico horizontal

“El alineamiento horizontal se puede describir como tangentes, unidas por dos curvas horizontales, generalmente son de círculos, que tienen radios que proveen un flujo continuo de tránsito a lo largo de la curva”. (Garber & Hoel, 2005)

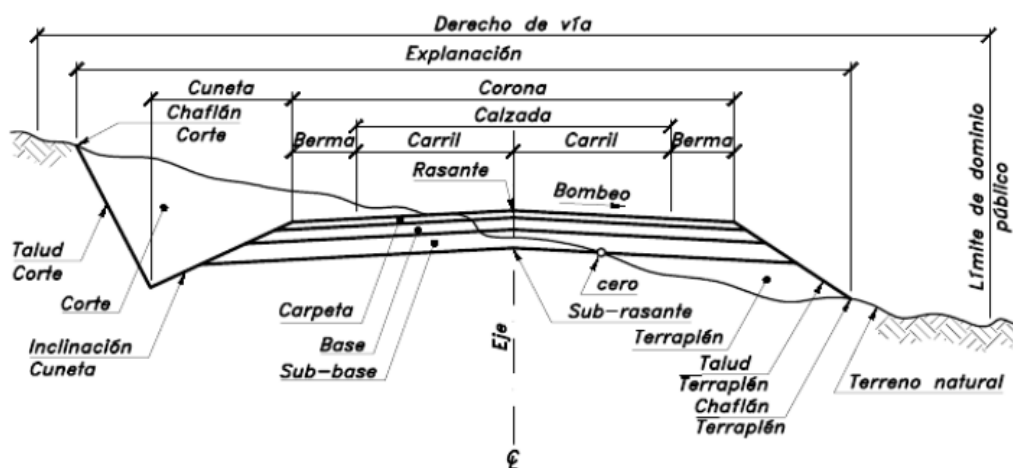
2.2.25. Diseño geométrico transversal

Cárdenas Grisales (2005) afirma:

El diseño geométrico 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.

En la siguiente imagen se puede apreciar los elementos que componen el diseño geométrico transversal:

Ilustración 3 Sección típica transversal



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013.

Con base en la ilustración 3, se procede a explicar cada uno de los componentes de una sección típica transversal de una carretera. Los autores Cal y Mayor & Cárdenas (2013) indican:

- A. Calzada o superficie de rodamiento: Es la sección de rodamiento para los vehículos, normalmente está diseñado por un pavimento rígido o flexible.
- B. Carril: Parte de la superficie de rodamiento o calzada, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos. Por lo general, se recomienda un ancho de carril 3.6 metros; sin embargo, estas distancias pueden variar, dependiendo el derecho de vía que se presente.
- C. Derecho de vía: Es la faja de vía de un terreno destinada a la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación para el cuidado de la vía.

- D. Acotamientos (espaldón): Fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente pueden utilizarse de estacionamiento provisional para alojar vehículos en caso de emergencias.
- E. Corona: Es la superficie de la carretera que comprende calzada más acotamientos.
- F. Hombro: Punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona.
- G. Cunetas: Es un canal o conducto abierto para la conducción de aguas.
- H. Contracunetas: Son canales que se diseñan y construyen paralelamente ambos lados de la carretera con el fin de drenar agua de lluvia que cae sobre las aéreas contiguas de dichos límites.
- I. Taludes: Son superficies laterales de terreno natural inclinado.
- J. Pendiente transversal: Es la pendiente que se le da a la corona, normal a su eje.
- K. Subcorona: Es la superficie que limita a las terracerías y sobre las que se apoyan las capas de pavimento.
- L. Terracería: Volumen del material que hay que cortar o terraplenar para formar la carretera hasta al subcorona.
- M. Bombeo: Es la pendiente que se le da a la plataforma o corona en las tangentes del alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

2.2.26. Especificaciones para el diseño del alineamiento vertical

El manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras y caminos está asociado con algunas especificaciones propuestas, las cuales son necesarias a considerar, por ejemplo, en el diseño vertical de una carretera, se debe realizar una proyección de las elevaciones del terreno que contiene el eje principal de la carretera, a esa proyección se le conoce como perfil longitudinal y al alineamiento vertical se le llama rasante.

Además, según dicho en el manual se debe considerar factores, tales como, topografía, velocidad del diseño, alineamiento vertical, distancia de visibilidad, los manejos de las aguas pluviales. Todo lo anterior, con el objetivo de que se diseñe de forma funcional, segura y cómoda para quienes transiten por cualquier vía.

Se debe tomar en cuenta el tipo de topografía según el terreno que tiene el corredor atravesado, esto con el propósito de determinar el valor de la pendiente máxima a utilizar.

La topografía del terreno atravesado tiene influencia en el alineamiento de calles y carreteras. Para caracterizar sus variaciones, generalmente se clasifican en tres tipos de acuerdo con la pendiente del terreno, así:

- a. Terreno plano: Es esa condición donde las distancias de visibilidad de diseño vial, en cuanto están gobernadas por las restricciones horizontales y verticales, son generalmente largas o podrían ser así, sin ocasionar mayores dificultades ni grandes gastos de construcción.

- b. Terreno ondulado: Es la condición donde las pendientes naturales son ascendentes y descendentes y en consecuencia las pendientes de la calle o carretera se elevan y bajan, y donde ocasionalmente las pendientes fuertes provocan algunas restricciones a los alineamientos horizontal y vertical.
- c. Terreno montañoso: Es aquel que presenta dificultades y altos costos de construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, los cuales se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables.

2.2.27. Pendientes máximas

En la siguiente tabla se presenta su clasificación y pendientes de acuerdo con el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras y Caminos (SIECA, 2011).

Ilustración 4 Clasificación de los terrenos 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.

2.2.28. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño asumida debe ser consistente con la topografía, el uso de la tierra adyacente y la clasificación funcional de la carretera. Excepto para calles locales donde los controles de velocidad son incluidos intencionalmente.

2.2.28.1 Clasificación según la velocidad de diseño

Elementos geométricos como los alineamientos verticales, de perfil y transversales, como lo son los radios mínimos de curvas, pendientes máximas, peraltes, anchos de carriles, dependen de la velocidad de diseño, por lo que al proyectar un tramo de carretera es fundamental conocer los rangos de velocidades de diseño según su definición y el tipo de terreno.

En este caso para el proyecto se especifica una velocidad de diseño de 40 km/h debido a dos razones:

- a. La Municipalidad de Santa Cruz sugirió que se tomara en cuenta dicha velocidad.
- b. Esta velocidad es razonable ya que es una urbanización sobre la cual se desarrolla el proyecto.

En la siguiente tabla se puede mostrar los rangos de diseño, según el tipo de topografía de terreno a utilizar:

Ilustración 5 Clasificación de carreteras según su velocidad de diseño

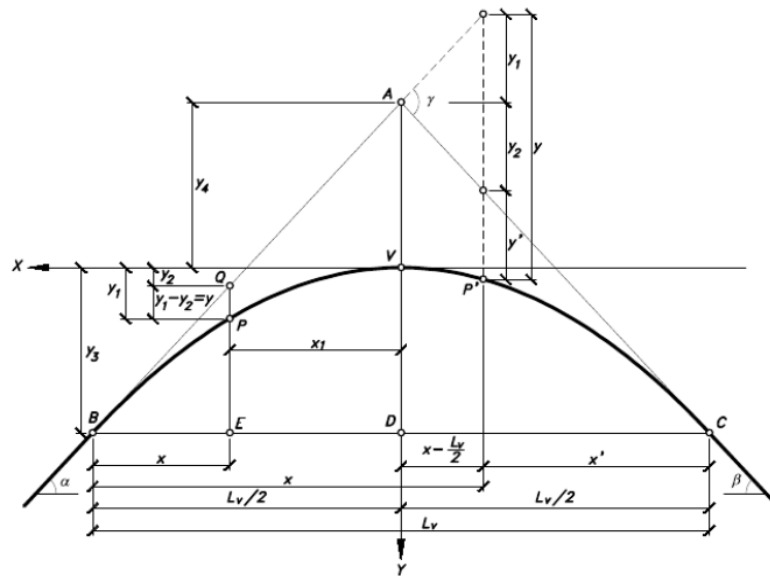
Categoría de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo V_{tr} (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado			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

Fuente: INVIAS, 2008.

2.2.29. 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)

Ilustración 6 Parábola de curva vertical simétrica

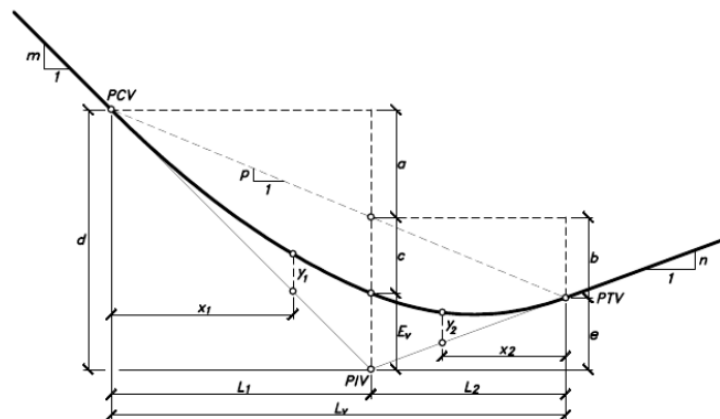


Fuente: Cárdenas Grisales, 2013.

2.2.30. Curva vertical asimétrica

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

Ilustración 7 Curva vertical asimétrica



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013.

2.2.31. Radio mínimo

El radio mínimo es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo.

Ilustración 8 Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCION 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'
VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCION MÁXIMA	Peralte Máximo = 8%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 10%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	7.3	7	163°42'	7.0	7	163°42'
30	0.28	19.7	20	57°18'	18.6	19	60°19'
40	0.23	40.6	41	27°57'	38.2	38	30°09'
50	0.19	72.9	73	15°42'	67.9	68	16°51'
60	0.17	113.4	113	10°08'	105.0	105	10°55'
70	0.15	167.8	168	06°49'	154.3	154	07°26'
80	0.14	229.1	229	05°00'	210.0	210	05°27'
90	0.13	303.7	304	03°46'	277.3	277	04°08'
100	0.12	393.7	394	02°55'	357.9	358	03°12'
110	0.11	501.5	501	02°17'	453.7	454	02°31'
120	0.09	667.0	667	01°43'	596.8	597	01°55'

Fuente: AASHTO, 2004.

2.2.32. Curvas circulares simples

Las curvas 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. (Cárdenas Grisales, 2013)

Algunos elementos geométricos que caracterizan una curva circular simple son los siguientes:

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.

Δ = Ángulo de deflexión de las tangentes.

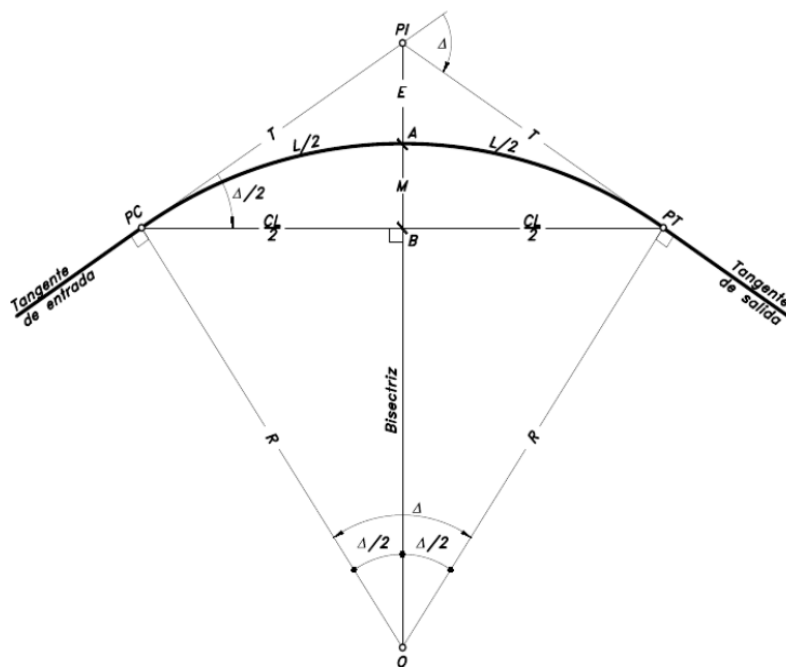
R= Radio de la curva simple.

T= Tangente: Distancia desde el PI al PC o el PI al PT.

L= Longitud de curva circular: Longitud desde el PC al PT a lo largo del arco circular.

M= Ordena media: Distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

Ilustración 9 Elementos geométricos de una curva circular simple



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013.

2.2.33. Curvas circulares compuestas

Las curvas circulares compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples, se pueden emplear en terrenos montañosos cuando se requiere que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno o topografía. (Cárdenas Grisales, 2013)

Algunos elementos geométricos que caracterizan una curva circular compuesta son los siguientes:

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.

Δ = Ángulo de deflexión principal.

Δ_1 = Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

Δ_2 = Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

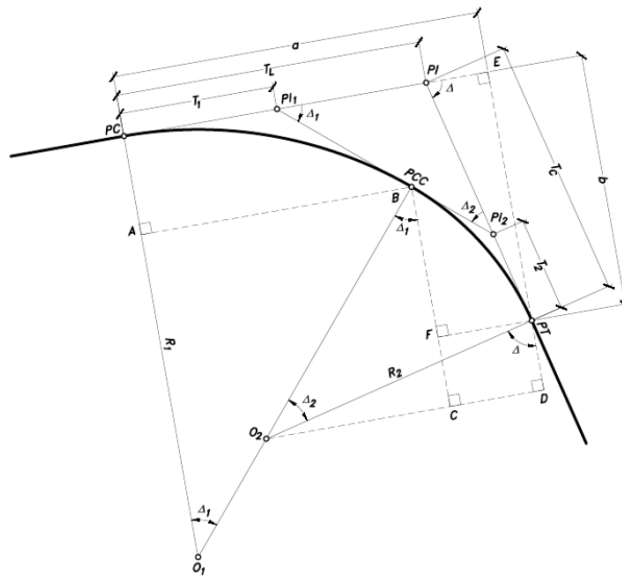
T1= Tangente de la curva de mayor radio.

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 10 Elementos geométricos de una curva circular compuesta



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013.

2.2.34. Ejes equivalentes

Dada por sus siglas en inglés ESAL's (*equivalent single axial load*) que significa carga axial única equivalente. Es el parámetro usado en el diseño de la estructura del pavimento.

Es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un período determinado. Se utiliza esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes.

2.2.35. Factor camión

Se define como el número de ejes equivalentes (ESAL's) por vehículo. Este factor de camión puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración de tránsito dada.

2.2.36. Metodología AASHTO-93 para diseño de carreteras

Esta normativa es una de las antiguas para el diseño del pavimento a nivel internacional, fue desarrollada durante la década de 1960 en los Estados Unidos, basándose en un ensayo a escala real en una carretera de prueba, con el objetivo de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas donde se representen las relaciones deterioro por la repetición de cargas de las secciones ensayadas.

Al pasar los años se produjo en 1972 una guía conocida como “AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos”, y con el desarrollo de nuevas ideas o metodologías se incorporaron consideraciones en el diseño, como módulos de elasticidad de la subrasante, capas del pavimento, factores de humedad y temperatura, y drenaje de la carretera.

2.2.37. Pavimento

“Se define como una estructura integrada por diferentes espesores definidos, con características específicas para cumplir con las funciones de base de apoyo, entre ellas las capas que conforman la estructura del pavimento según son las siguientes”. (Garber, 2005)

2.2.37.1. Carpeta asfáltica

Esta es la capa de la estructura del pavimento que debe ser capaz de resistir altas presiones y proporcionar una superficie resistente a los derrapes y confort para los conductores, además debe ser impermeable.

Es conocida también como capa superficial y puede consistir en pavimentos flexibles, los cuales son mezclas asfálticas de agregados minerales y emulsiones asfálticas o para pavimentos rígidos que son comúnmente de concreto con altas resistencias.

2.2.37.2. Base

La base granular es capa del pavimento la cual queda arriba de la subbase y por debajo de la carpeta asfáltica, una de sus principales características es que la conforman materiales granulares, como piedra triturada, escorio triturado o no triturado, grava y arena, todos estos materiales son debidamente procesados y estabilizados. La conformación es un pilar importante ya que dicha capa es un excelente medio drenante.

2.2.37.3. Subbase granular

Esta capa se encuentra entre la base y la subrasante, debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base. Por lo general es un material extraído en canteras, ya que es un material muy superior a la subrasante, su CBR es de 28-51 %.

2.2.37.4. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera la cual soporta toda la estructura del pavimento, suele ser un material natural ubicado a lo largo del alineamiento horizontal. Esta puede también estar compuesta de materiales adecuados, o bien compactados para resistir cargas a las que serán sometidas, generadas por los ejes equivalentes según el tránsito que pasan por el sector.

2.2.38. Señalización

La señalización vial son elementos que se utilizan para la regulación del flujo vehicular, ya sea para mantener la seguridad entre las vías, como para guiarlos con indicaciones. En Costa Rica existen principalmente tres tipos de señalamientos viales los cuales son:

- Señalamiento vertical
- Señalamiento horizontal
- Señalamiento luminoso

2.2.38.1 Señalamiento vertical

Son láminas ubicadas en postes y lugares elevados que informan al peatón y conductor mediante símbolos o leyendas, según el manual del conductor existen tres tipos de señalamiento vertical los cuales se explican a continuación:

2.2.38.1.2. Señales de reglamentación

Indican al peatón o conductor, las obligaciones o normativas que necesariamente deben cumplir. Estas señales se caracterizan por ser rectangulares, con algunas excepciones, también en la parte superior llevan un disco o círculo rojo, en la cual indica una restricción reglamentaria. El fondo de estas señales es blanco, la leyenda y los bordes son negros.

2.2.38.1.2. Señales de prevención

Son señales que advierten al usuario de la existencia de un peligro u obstáculo en la vía, sea por situaciones imprevistas o por naturaleza en sus zonas adyacentes. Por lo general este tipo de señalización tiene flechas grandes y posición de cruce, de forma cuadrada, esquinas redondeadas, fondo color amarillo, leyendas y bordes negros.

2.2.38.1.3. Señales de información

Las señales de información orientan al conductor o peatón, facilitándole de tal manera la información o interés al lugar o destino que deseen. La mayoría de estas señales tienen fondo blanco, con leyenda y bordes negros. En las vías de tránsito rápido y autopistas, se usan diseños más grandes, en fondo verde y letras blancas.

2.2.38.2 Señalamiento horizontal

Se trata de la señal que se traza sobre la calzada, borde del espaldón. Son básicamente señales para regulación de tránsito, así como limitar las zonas de paso de vehículos, restringiendo maniobras peligrosas en zonas no adecuadas.

Este tipo de señalización se divide en tres grandes grupos, a saber:

1. Pintura amarilla: Este color indica que se separan carriles con sentidos opuestos de circulación, como la línea centro, línea de barrera y carril central con giro a la izquierda.
2. Pintura blanca: Se utiliza para todo aquello que implica que el tránsito se mueve en un solo sentido de circulación. Asimismo, se utiliza para la demarcación de señales específicas como: ALTO, CEDA, velocidad máxima.
3. Pintura azul: Se utiliza para reservar espacios para las personas discapacitadas que requieren de espacios preferenciales.

2.2.38.3. Señalamiento luminoso

Estas son utilizadas principalmente para regular el tránsito de vehículos y peatones, su principal función es minimizar los accidentes en las carreteras. Algunos tipos son:

- El semáforo vehicular
- El semáforo peatonal
- Señalamiento preventivo

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Paradigma

La solución a los problemas de inundación en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, se considera como un paradigma para este proyecto, pues propusieron un plan maestro que permitió una mejor comprensión de las inundaciones, junto con una buena evaluación de las opciones de manejo de estas. Lo anterior, dentro de un enfoque que incluía tanto medidas estructurales como no estructurales, un apropiado análisis socioeconómico y evaluaciones de impacto ambiental.

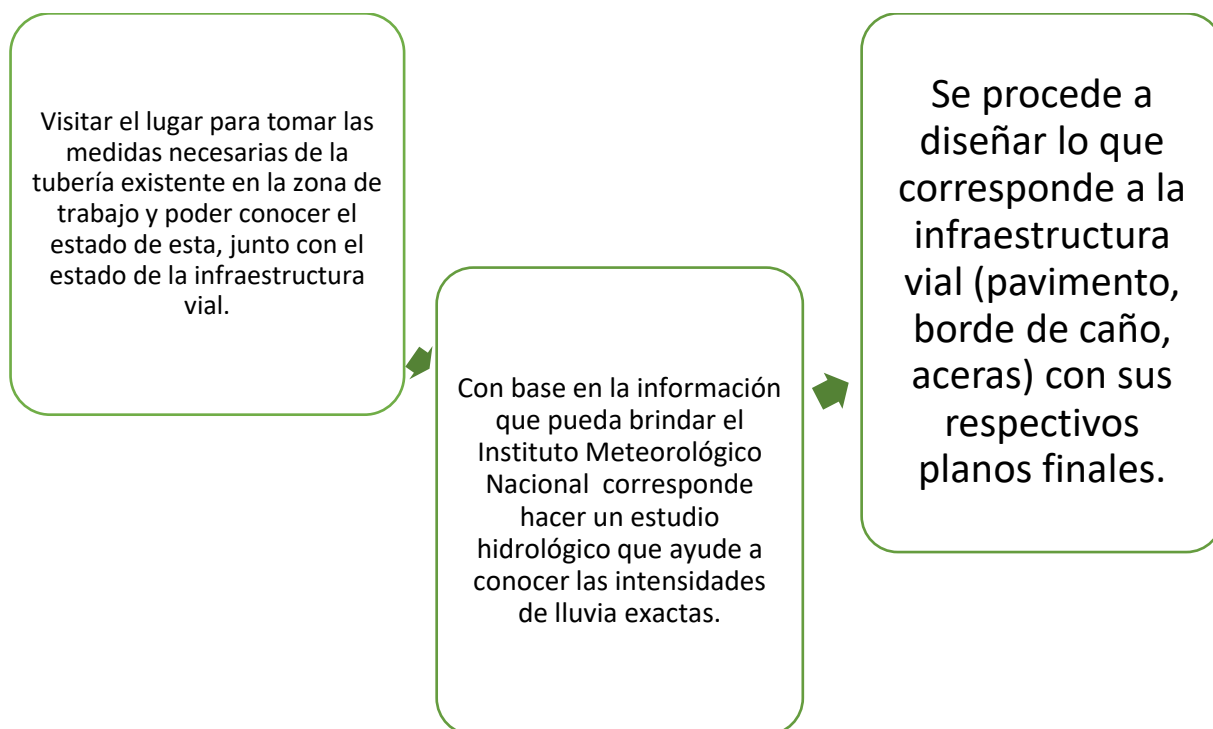
Siendo así, que para finales del año 2011 estaba a punto de concluirse el problema de inundación en la ciudad, esto fue posible por medio de la construcción de grandes túneles y se estaba construyendo una red de ductos de drenaje secundario; además, al mismo tiempo, se trabajaba en medidas no estructurales, que incluían la instalación de estaciones pluviométricas e hidrométricas, la operación de sofisticados modelos de drenaje e incluso estudios para mejorar la gestión del uso del suelo y la recolección de desechos sólidos.

Esto es un modelo por seguir porque tuvo un gran impacto en la sociedad que benefició de manera positiva a los habitantes de Buenos Aires, al acabar con un problema que afectaba a muchas personas, y también porque hoy en día, cuentan con la infraestructura óptima y el buen diseño para la captación y evacuación de las aguas pluviales.

3.2. Enfoque metodológico

Este es un estudio descriptivo de enfoque cuantitativo en donde la recolección de la información se realizará visitando el barrio Jerusalén y el residencial Chorotega, que llevará a realizar un análisis tanto del sistema de alcantarillado actual como el de la infraestructura vial, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de dicha zona.

3.2.1. Desarrollo de los objetivos



3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.3.1. Diseño geométrico

Para este diseño es necesario aplicar los reglamentos como los presentes en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras del SIECA, entre otros.

3.3.1.2. Elección de “k”

Se reconoce que pequeñas diferencias algebraicas de pendientes pueden resultar en longitudes de curvas cortas; por esta razón, se utiliza como criterio para calcular la longitud mínima de curva vertical, en cresta o cóncavas, y con esto asignarles el valor absoluto de la velocidad.

Ilustración 11 Control de diseño para curva vertical cóncava o 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	12.2	13
60	85	17.3	18
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.

3.3.1.3. Clasificación de la carretera del proyecto

Ilustración 12 Clasificación de las carreteras

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 2011.

Para efectos del proyecto se escoge una clasificación de carretera como colector menor urbana por lo que contará con dos carriles.

3.3.1.4. Elección del ancho de acera

Ilustración 13 Anchos mínimos de espaldones y aceras

Tipo de Carretera	Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)	
			Internos	Externos		
AA	Autopista	Controlado	Alto	1.0 – 1.5	2.5 - 3.0	
AR	Arterial Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AU	Arterial Urbana	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AMR	Arterial Menor Rural	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
AMU	Arterial Menor Urbana	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CMR	Colector Mayor Rural	Controlado	Alto	1.0 -1.5	2.5 – 3.0	1.2 – 2.0
CMU	Colector Mayor Urbana	-	Alto	0.5 – 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 – 1.5
CR	Colectoras Menor Rural	-	Intermedio	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CS	Colectoras Menor Urbana	-	Intermedio	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
LR	Local Rural	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
LU	Local Urbano	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
R	Rural	-	Bajo	-	-	-

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 2011.

Para el diseño de este proyecto se escoge una acera de 1.2 m de ancho, ya que este tamaño de acera es congruente con la ley 7600 para personas con discapacidad que puedan transitar por este espacio sin ningún tipo de inconveniente.

3.3.1. Diseño de pavimento

3.3.1.1. Cálculo del factor camión (EALF)

También conocido como factor carga o EALF, se obtiene de la normativa del MOPT la cual dice:

Los factores camión para la estimación de ejes equivalentes simples de 8.2 toneladas de diseño serán determinados de acuerdo con la tabla. En general se deberán aplicar

los factores promedio, salvo mejor criterio del diseñador, que deberá indicar las razones para aumentar o disminuir los factores camión 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 1 Factores camión para diseño estructural

Vehículo	Factor camión		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Pick-up	0.010	0.020	0.010
C2-eje simple	0.010	0.070	0.260
C2-eje tándem	0.260	0.630	0.470
C3	0.990	1.280	1.100
Bus	1.250	2.290	1.710
T3-S2	0.510	2.380	1.710

Fuente: Normativa del MOPT, 2007.

3.3.1.2. Cálculo de los Ejes Equivalentes por medio de AASHTO 93 (ESAL's)

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

Ecuación 1

Donde:

TPD: Tráfico promedio diario.

T: Porcentaje de cada tipo de vehículo del estudio del tráfico promedio diario.

T_f: Factor camión.

G y Y: Factor de crecimiento, el cual se determina con la siguiente fórmula:

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

Ecuación 2

Donde:

r: Crecimiento anual porcentual y años de vida útil de la carretera.

Se utilizará un crecimiento del 5 % junto con un período de diseño de 10 años.

D: Determina la distribución direccional, es un porcentaje que depende del TPD.

En este caso se procede a usar un valor del 0.5 % de la distribución direccional.

L: Factor distribución carril.

3.3.1.2.1 Crecimiento anual

La tasa de crecimiento anual se define según la estación y ruta más cercana al proyecto.

Ilustración 14 Factores crecimiento

RUTA	SECCIÓN	ESTACIÓN	TRAMO	UBICACIÓN	FUENTE	TIPO
21	50091	788	GUARDIA (RÍO TEMPISQUE)(LIMITE CANTONAL) - FILADELFIA (RUTA 920)(ULTIMO CUAD)	ENTRADA A FILADELFIA, FRENTE AL COLEGIO TECNICO		PRINCIPAL
21	50092	425	FILADELFIA(R.920)(ULTIMO CUAD)-BELÉN(R.155)	IGLESIA DE BELEN		PRINCIPAL
21	50093	425	BELÉN(R.155)-RÍO NUEVO (RÍO CAÑAS)(LIMITE CANTONAL)	++ ESTA SECCIÓN SE ASOCIÓ A LA 50092 ++		ASOCIADA
21	50100	790	RÍO CAÑAS NUEVO (RÍO CAÑAS)(LTE CANTONAL) - SANTA CRUZ (RUTA 160)	ENTRADA A SANTA CRUZ, PUENTE RIO DIRIA		PRINCIPAL
21	50120	789	SANTA CRUZ(R.160)-CHUMICO (QUEBRADA CHAPERNA)(LIMITE CANTONAL)	SALIDA DE SANTA CRUZ A NICOYA, FRENTE AL COLEGIO TECNICO		PRINCIPAL
21	50131	12	CHUMICO (QUEBRADA CHAPERNA)(LIMITE CANTONAL) - NICOYA (RUTA 150)	1 KM ANTES DE LA R.150 A NICOYA		PRINCIPAL

Fuente: Anuario del MOPT, 2015.

Para efectos de este proyecto se escoge la ruta 21, siendo esta la más cercana a la zona de trabajo, con la estación 50120, para un porcentaje de crecimiento del 5.02 %.

3.3.1.2.2. Factor distribución carril

Se escoge el factor de la siguiente tabla de la AASHTO:

Tabla 2 Factor distribución carril

No. De carriles en cada dirección	Porcentaje de ESAL 18-kip en carril
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: AASHTO, 1993.

La vía va a contar con un carril en cada dirección, por lo tanto, el valor que se escoge de la tabla anterior es de 1.

3.3.1.3. Cálculo del módulo de resiliencia de la subrasante (M_R)

Este cálculo se obtiene por medio del CBR del estudio de suelo realizado en la zona de trabajo correspondiente. “Se deben usar los valores medios resultantes de los ensayos de

laboratorio, ya que la incertidumbre de la confiabilidad R debe tomarse en cuenta".
(AASHTO, 1993)

La fórmula para hallarlo es la siguiente:

$$M_R = 1862 * CBR^{0.7125}$$

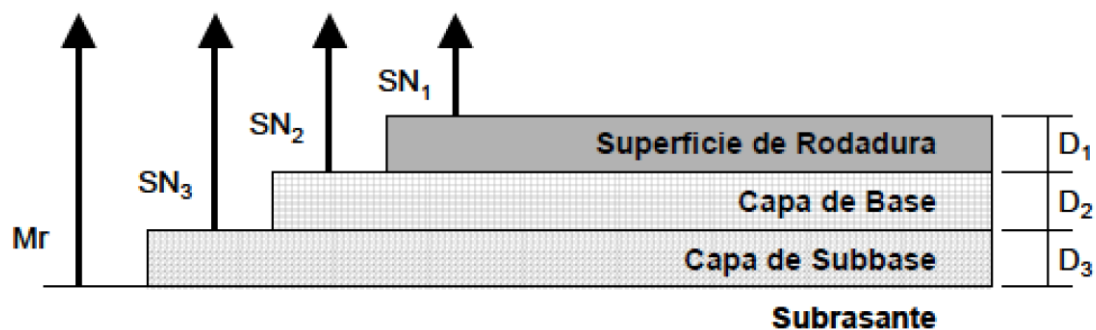
Ecuación 3

Donde:

M_R : Es la capacidad mecánica de la subrasante, se expresa en términos de su módulo resiliente E.

Ahora se procede a realizar el diseño del pavimento por medio del método de la AASTHO, la cual permite diseñar las siguientes capas:

Ilustración 15 Composición de las capas del pavimento



Fuente: AASHTO, 1993.

3.3.1.4. Período de diseño

Para el período de diseño de la carretera, se procede a utilizar la siguiente tabla:

Ilustración 16 Período de diseño para pavimentos flexibles

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20-40 años
Troncales Suburbanas	15-30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10-20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: SIECA, 2011.

Para el período de diseño de la carretera, se procede a escoger 10 años ya que esta vía es una colectora suburbana.

3.3.1.4. Cálculo del número estructural (SN)

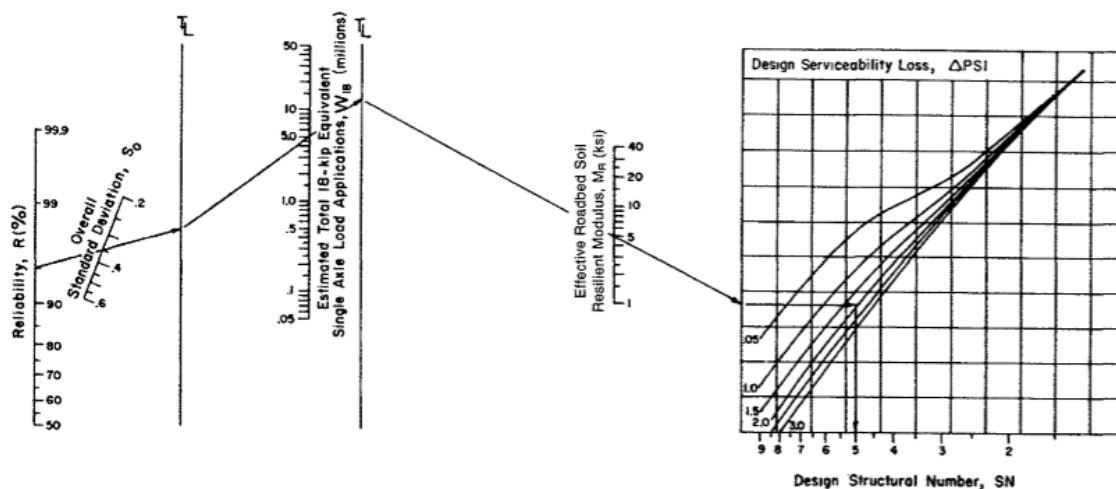
Se tiene que cumplir con la siguiente relación de que el número estructural total debe ser como mínimo igual o mayor a la suma de los números estructurales de cada capa.

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

Ecuación 4

- A. Para el cálculo del número estructural requerido, es necesario utilizar un ábaco, el cual es:

Ilustración 17 Diseño de número estructural



Fuente: AASHTO, 1993.

B. Para esto se necesita saber la confiabilidad (R) que se obtiene de la siguiente tabla:

Ilustración 18 Niveles de confianza e índices terminales de servicio

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: AASHTO, 1993.

De esta tabla se procede a escoger la zona de rutas terciarias, para lo cual el valor del nivel de confianza va a ser del 75 % para dicha zona.

C. También es necesario averiguar la desviación estándar S_0 , de la cual norma AASHTO recomienda utilizar valores comprendidos entre:

Tabla 3 Desviación estándar

Para pavimentos flexibles	0.40-0.50
En construcción nueva	0.35-0.40
En sobre-capas	0.50

Fuente: AASHTO, 1993.

Como en este proyecto la carretera se hará con pavimento flexible se escoge una desviación estándar de 0.45 porque este es el valor típico, y es un valor intermedio.

D. Se procede a obtener la serviciabilidad (ΔPSI) compuesta de la siguiente fórmula:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Ecuación 5

Donde:

P_0 : Es la serviciabilidad inicial, donde AASHTO recomienda utilizar:

Tabla 4 Valores de P_0

$P_0 = 4.5$ para pavimentos rígidos
$P_0 = 4.2$ para pavimentos flexibles

Fuente: AASHTO, 1993.

El valor escogido de P_0 es de 4.2 para pavimentos flexibles.

P_t: Es la serviciabilidad terminal, la cual se establece por medio de la siguiente tabla:

Tabla 5 Valores de P_t

Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor

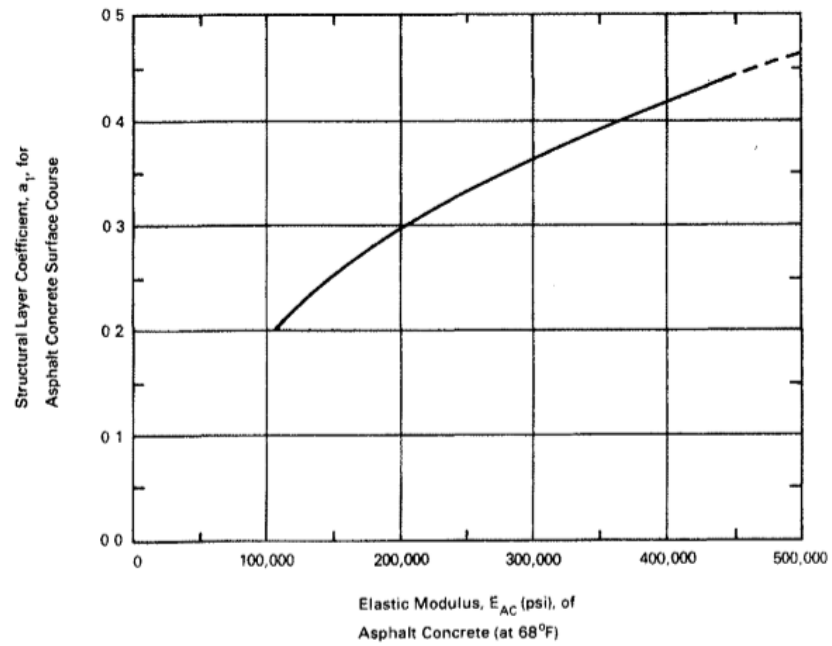
Fuente: AASHTO, 1993.

Como la carretera es de tránsito menor se escoge un valor de 2.0 para P_t.

E. Para determinar los coeficientes estructurales de cada capa se realiza por medio de nomogramas de la AASHTO.

- Coeficiente estructural de la capa asfáltica (a_1):

Ilustración 19 Coeficiente estructural para MAC

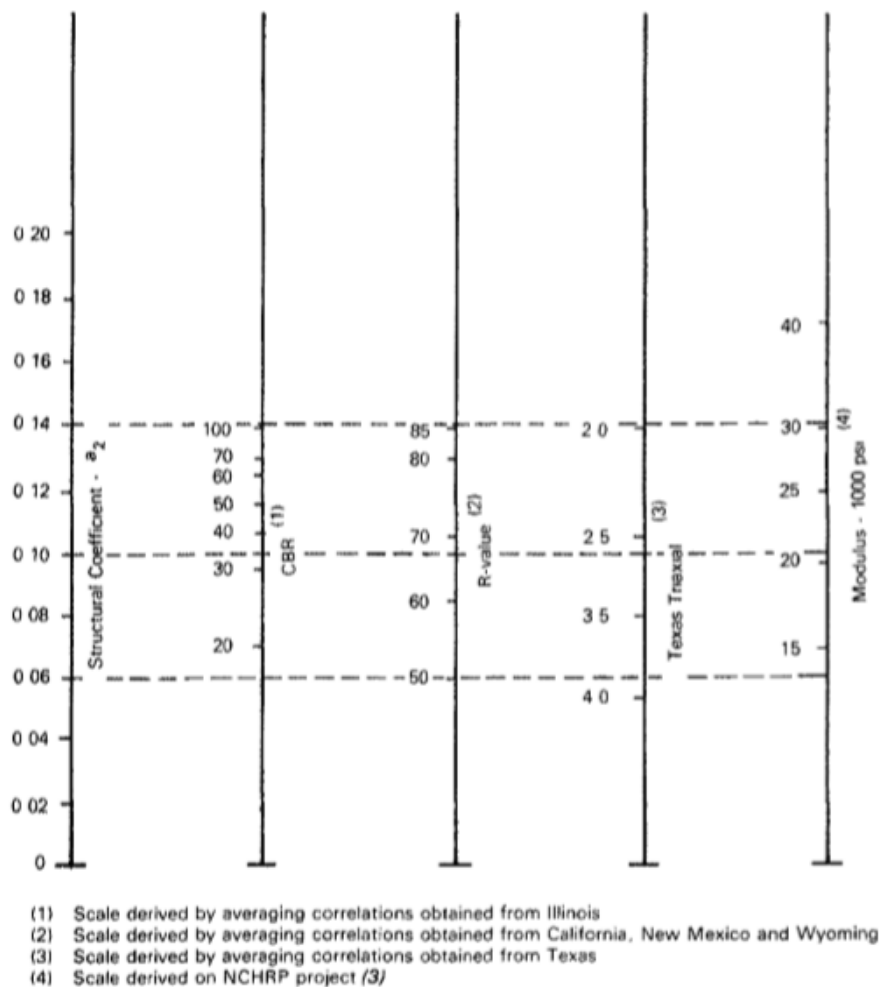


Fuente: AASHTO, 1993.

Para un MR de la MAC de 450000 psi según el nomograma anterior se obtiene un $a_1=0.43$.

- Coeficiente estructural para la base granular (a_2):

Ilustración 20 Coeficiente estructural para base granular

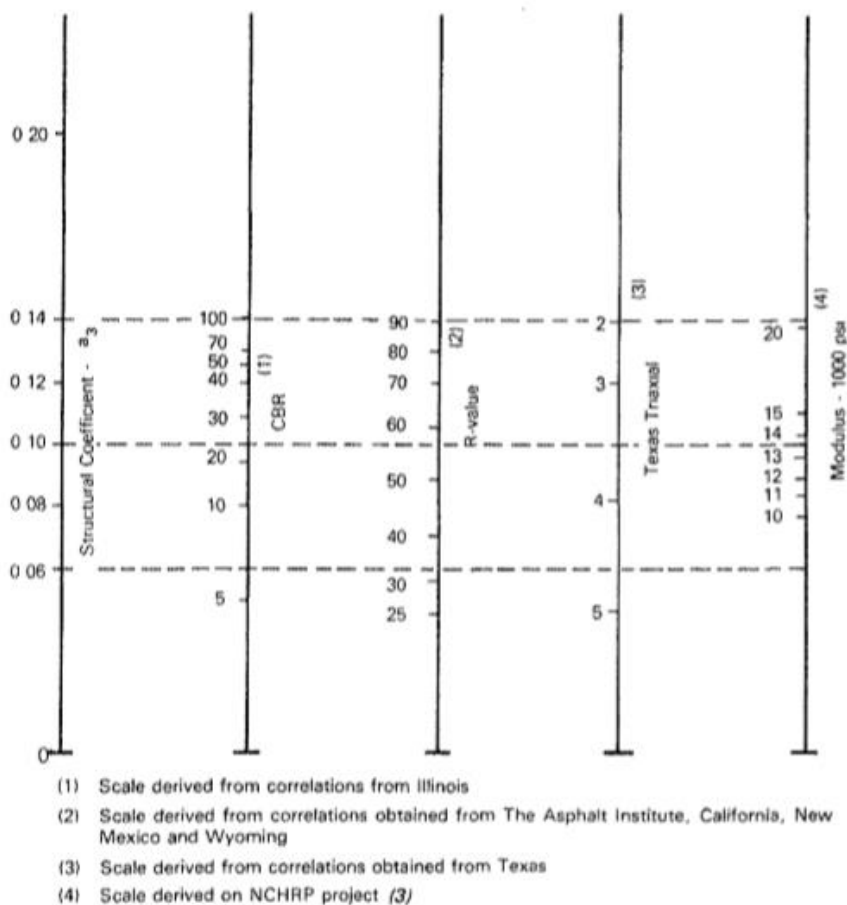


Fuente: AASHTO, 1993.

Para un MR de la base granular de 28500 psi según el nomograma anterior se obtiene un $a_2=0.132$.

- Coeficiente estructural para la subbase granular (a_3):

Ilustración 21 Coeficiente estructural para subbase granular



Fuente: AASHTO, 1993.

Para un MR de la subbase granular de 15000 psi según el nomograma anterior se obtiene un $a_3=0.114$.

Se aclara que los valores usados del MR para la MAC, base granular y la subbase granular son los que se utilizan frecuentemente para el diseño de pavimentos.

F. Determinación del coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles.

Ilustración 22 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx)

Calidad del Drenaje	P= % del tiempo en 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.

Para efectos del trabajo, se procede a tomar los valores de la condición de drenaje excelente. Ya teniendo esto, se procede a determinar los espesores mínimos en función del número estructural explicado con anterioridad.

G. Para el número estructural proveniente de cada capa, la fórmula es la siguiente:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3$$

Ecuación 6

Donde:

- a_1, a_2, a_3 son los coeficientes estructurales de la superficie de la capa asfáltica, base y subbase.
- m_2, m_3 son los coeficientes de drenaje para la base y subbase.
 m_2 y $m_3 = 1.2$
- D_1, D_2, D_3 son los espesores de capa en pulgadas para la superficie de la capa asfáltica, base y subbase.

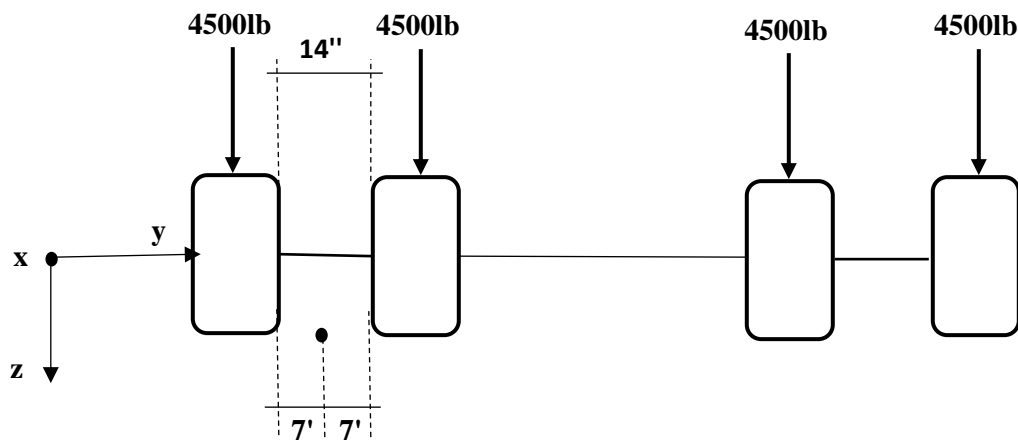
3.3.1.5. Cálculo de la deformación a tensión (ϵ_t) y deformación a compresión (E_{vs}) del pavimento

La definición de los datos es importante para determinar si el pavimento cumple por carga de fatiga de la capa asfáltica y por capacidad de carga por deformación plástica de la subrasante, por medio del programa Pitra Pave, lo cual da como resultado las deformaciones.

Lo que se necesita saber de este programa es lo siguiente:

- Configuración para las coordenadas y para las cargas, como se muestra en la ilustración, el origen está en el centro de ambas ruedas.

Ilustración 23 Coordenadas



Fuente: Elaboración Propia.

- Se coloca en el programa las capas de la estructura de pavimento, con toda la información necesaria.
- Lo que se realiza a continuación es colocar las 2 cargas de 4500 lb en el programa.

- d) Se colocan los puntos de análisis donde se busca obtener las deformaciones más críticas.
- e) Se obtiene el resultado de las deformaciones ϵ_t y E_{vs} que se utilizarán en las fórmulas del MOPT para saber si nuestro pavimento cumple o no.

3.3.2. Diseño hidrológico

3.3.2.1. Cálculo de la intensidad de lluvia

Este dato se va a calcular por medio de los siguientes pasos:

3.3.2.1.1. Determinación de la estación meteorológica por utilizar

Ilustración 24 Estaciones meteorológicas automáticas seleccionadas

Estación	Nombre	Años de Registro
69-633	Comando Los Chiles	17
69-661	Cuidad Quesada	13
69-679	Upala	14
69-681	La Rebusca	14
71-15	Canta Gallo	16
72-157	Finca La Ceiba	12
73-123	ITCR, Cartago	14
73-129	Recope Ochomogo	13
74-51	Aeropuerto Liberia	13
74-53	Santa Cruz	16
76-55	Hacienda Mojica	12
81-05	Aeropuerto Limón	14
84-139	CIGEFI	12
84-141	IMN-Aranjuez	16
84-145	Esc. Centroamérica Ganadería	16
84-191	RECOPE La Garita	13
84-195	Aeropuerto Pavas (Deste)	16
85-21	Hitoy Cerere	13
87-13	Sixaola	15
88-35	Frailes	15
88-41	La Lucha	11
98-75	Las Brisas, San Vito	14
98-87	PINDECO	16
98-91	Chirripó	12
98-95	Altamira	12
100-03	Golfito	13
100-631	Coto 47	13

Fuente: Curvas IDF Automáticas, 2011.

Para efectos de este proyecto, se escoge la estación de Santa Cruz, siendo esta la estación 74-53, debido a que es dónde se realiza dicho trabajo.

3.3.2.1.2. Fórmula de la intensidad de lluvia

Con base en la información obtenida de intensidad máxima de precipitación para cada estación, asociadas a distintos períodos de retorno y duraciones, se ajustaron modelos de regresión lineal múltiple. Los resultados de los modelos por estación se muestran en la siguiente ilustración:

Ilustración 25 Modelos ajustados por estación pluviográfica

Estación	Ecuación	Años de registro	R ²
69-633	$I = 155,05 * T^{0,275} / D^{0,303}$	17	97,70
69-661	$I = 1122,01 * T^{0,167} / D^{0,806}$	13	97,20
69-679	$I = 199,06 * T^{0,141} / D^{0,248}$	14	99,00
69-681	$I = 181,97 * T^{0,110} / D^{0,235}$	12	97,60
71-15	$I = 239,88 * T^{0,192} / D^{0,248}$	16	98,40
72-157	$I = 190,54 * T^{0,079} / D^{0,258}$	12	99,43
73-123	$I = 152,08 * T^{0,111} / D^{0,274}$	14	96,40
73-129	$I = 130,31 * T^{0,140} / D^{0,227}$	13	98,03
74-51	$I = 186,06 * T^{0,163} / D^{0,190}$	13	97,73
74-53	$I = 184,40 * T^{0,108} / D^{0,247}$	16	92,71
76-55	$I = 179,23 * T^{0,110} / D^{0,242}$	12	98,81
81-05	$I = 161,07 * T^{0,151} / D^{0,151}$	14	97,50
84-139	$I = 215,33 * T^{0,101} / D^{0,356}$	12	99,44
84-141	$I = 174,33 * T^{0,104} / D^{0,285}$	16	97,13
84-145	$I = 170,69 * T^{0,107} / D^{0,239}$	16	96,44
84-191	$I = 203,05 * T^{0,106} / D^{0,268}$	12	98,73
84-195	$I = 187,08 * T^{0,101} / D^{0,322}$	16	94,63
85-21	$I = 268,84 * T^{0,154} / D^{0,364}$	13	99,05
87-13	$I = 166,90 * T^{0,120} / D^{0,262}$	15	99,09
88-35	$I = 610,71 * T^{0,137} / D^{0,777}$	15	96,88
88-41	$I = 456,14 * T^{0,147} / D^{0,686}$	11	95,18
98-75	$I = 153,69 * T^{0,073} / D^{0,197}$	14	98,50
98-87	$I = 175,04 * T^{0,105} / D^{0,192}$	16	93,50
98-91	$I = 87,27 * T^{0,140} / D^{0,213}$	12	96,51
98-95	$I = 14622,03 * T^{0,169} / D^{0,443}$	12	98,90
100-3	$I = 341,82 * T^{0,192} / D^{0,276}$	13	97,78
100-631	$I = 262,60 * T^{0,126} / D^{0,284}$	13	94,54

Fuente: Curvas IDF Automáticas, 2011.

La ecuación que se utilizará es la 74-53 dada por el Instituto Meteorológico Nacional.

Se acepta el uso por provincia de la ecuación de intensidad, a saber:

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

Ecuación 7

Donde:

i= Intensidad de lluvia en mm

T= Período de retorno en años

D= Tiempo de concentración, duración de la lluvia en minutos

3.3.2.2. Cálculo del tiempo de concentración

Es necesario determinar el tiempo de concentración de la lluvia para indicar la intensidad y el caudal de un alcantarillado pluvial, mediante la siguiente fórmula:

$$t_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{\Delta H}\right)$$

Ecuación 12

Donde:

t_c = Tiempo de concentración en minutos

L= Longitud de cauce principal en metros

ΔH = Diferencial de altura en metros

3.3.2.3. Período de retorno

Para este proyecto se utilizará un período de retorno de 25 años según la recomendación del Manual SIECA, donde se aclara que, para drenajes menores longitudinales a la vía y cuyas carreteras no exceden velocidades entre 40 km/h y 100 km/h se usa un período de 25 años.

3.3.3. Diseño hidráulico

3.3.3.1. Cálculo del caudal de diseño

Para calcular el caudal de diseño se utiliza la siguiente fórmula:

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

Ecuación 8

Donde:

Q= Caudal de escorrentía (m³/s)

I= Intensidad de lluvia de diseño (mm/hora)

A= Área a drenar (hectáreas)

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional)

3.3.3.2. Elección del coeficiente de escorrentía

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se hace por medio de la siguiente tabla:

Ilustración 26 Coeficientes de escurrimiento para ser usados en el método racional

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
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
Áreas no desarrolladas							
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.

3.3.3.3. Elección del coeficiente de Manning

Para escoger este valor es necesario utilizar la siguiente tabla:

Ilustración 27 Coeficientes n de Manning

TIPO DE CANAL Y DESCRIPCIÓN	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
Metal			
Acero			
Estriado 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
No metal			
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.

3.4. Técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos

3.4.1. Diseño de pavimento

Se diseña bajo la metodología AASHTO 93, ya que esta es la utilizada comúnmente en Costa Rica.

Para efectos del MR de la subrasante se obtiene que es un valor de 6911 psi, junto con un CBR de 6.3 %, siendo estos valores suministrados por la misma Municipalidad de Santa Cruz.

3.4.1.1. Cálculo de los ejes equivalentes

Se realizó un conteo vehicular para hacer el cálculo del TPD, este se hizo con una modalidad de conteo de 12 horas seguidas durante un día. El día entre semana que se escogió fue miércoles.

Ilustración 28 Cálculo de los ejes equivalentes (ESAL's)

Factor Camión y Distribución Vehicular			
Tipo de vehículo	FC	% vehículo	ESAL'S día
Livianos	0.0005	85.00%	0.57
Pick up	0.02	4.00%	1.07
C2+	0.63	5.00%	41.96
C2	0.07	4.00%	3.73
Bus C2	2.29	0.00%	0
C3	1.28	2.00%	34.10
T3-S2	2.38	0.00%	0
T3-S3	2.146	0.00%	0
SUMA		100.00%	81.42

Factor de Crecimiento	
GY	12.59
ESAL'S de diseño	187068

Fuente: Elaboración propia.

Al verificar los resultados obtenidos, se determina que la carga para el diseño es de 187 068 ejes equivalentes.

3.4.1.2. Cálculo final del número estructural SN

Ilustración 29 Valores para el cálculo del SN1, SN2 y SN3

Número de Ejes Equivalentes	187068
Nivel de Confianza	75%
Índice de Serviciabilidad Inicial	4.2
Índice de Serviciabilidad Final	2
Diferencias Índice de Servicio (Δ PSI)	2.2
Desviación Estándar (S_o)	0.45
MR MAC (psi)	450000
MR Base Granular (psi)	28500
MR Subbase Granular (psi)	15000
MR Subrasante (psi)	6911
Coficiente Estructural MAC	0.43
Coficiente Estructural Base	0.132
Coficiente Estructural Subbase	0.114

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la ilustración anterior se obtienen los valores de SN1 para la MAC, SN2 para la base granular y el SN3 para la subbase.

Tabla 6 Resultados de los valores SN

SN1 MAC	1.5
SN2 Base granular	1.9
SN3 Subbase granular	3.2

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño final del pavimento es necesario, sustituir los datos obtenidos en la recolección de estos, en las siguientes fórmulas:

➤ Para la capa asfáltica:

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

Ecuación 13

$$D_1^* \geq \frac{1.5}{0.43}$$

Ecuación 9

$$D_1^* \geq 3.48 \text{ in} \approx 3.5 \text{ in}$$

Ecuación 10

$$SN_1^* = a_1 * D_1$$

Ecuación 11

$$SN_1^* = 0.43 * 3.50$$

Ecuación 12

$$SN_1^* = 1.51$$

Ecuación 13

➤ Para la base granular:

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

Ecuación 14

$$D_2^* \geq \frac{1.9 - 1.51}{0.132 * 1.2}$$

Ecuación 15

$$D_2^* \geq 2.49 \text{ in} \approx 2.50 \text{ in}$$

Ecuación 16

$$SN_2^* = a_2 * m_2 * D_2^*$$

Ecuación 17

$$SN_2^* = 0.132 * 1.2 * 3.94$$

$$SN_2^* = 0.62$$

Ecuación 18

Para el cálculo del SN2* al final se utilizó un valor de 3.4 in, debido a que con el valor de 2.5 in no cumple el espesor de pavimento.

➤ Para la subbase:

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

Ecuación 17

$$D_3^* \geq \frac{3.2 - (0.62 + 1.51)}{0.114 * 1.2}$$

Ecuación 19

$$D_3^* \geq 7.83in \approx 8in$$

Ecuación 20

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

Ecuación 21

$$SN_3^* = 0.114 * 1.2 * 8$$

Ecuación 22

$$SN_3^* = 1.09$$

Ecuación 23

En resumen, la propuesta de diseño de pavimento es la siguiente:

Ilustración 30 Propuesta de la estructura de pavimento

	Estructura de Pavimento	
	Pulgadas (in)	cm
MAC	3.5	9
Base Granular	3.94	10
Subbase Granular	8	20

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se debe verificar que los espesores obtenidos no sean menores que los espesores que se establecen en la AASHTO, la cual es la siguiente tabla:

Tabla 7 Espesores mínimos sugeridos

Número de ESAL's	Capas asfálticas	Base granular
Menos de 50.000	3.0cm	10.0cm
50.000-150.000	5.0cm	10.0cm
150.000-500.000	6.5cm	10.0cm
500.000-2,000.000	7.5cm	15.0cm
2,000.000-7,000.000	9.0cm	15.0cm
Más de 7,000.000	10.0cm	15.0cm

Fuente: AASHTO, 1993.

Se verifica la relación mencionada anteriormente en la ecuación 4.

$$1.61 + 0.62 + 1.09 \geq 3.2$$

Ecuación 24

$$3.22 \geq 3.2$$

Ecuación 25

Esta relación cumple, por lo tanto, es correcta.

3.4.1.3. Verificación de cumplimiento de la estructura de pavimento en PITRA PAVE

En el programa PITRA PAVE se hace la comprobación con los datos obtenidos como valores de la estructura del pavimento, con el fin de conocer si las deformaciones cumplen o no con lo requerido para el proyecto.

Los primeros espesores utilizados son los propuestos anteriormente, los cuales se muestran a continuación en el programa PITRA PAVE:

Ilustración 31 Espesores utilizados

Espesor h (in)	Descripción
3.5	MAC
3.94	Base Granular
8.0	Subbase Granular

Fuente: Elaboración propia, programa PITRA PAVE.

3.4.1.3.1 Comprobación del cumplimiento por carga de fatiga de la capa asfáltica (NF) del diseño de la estructura de pavimento

Se define por medio de la siguiente fórmula si nuestro pavimento cumple o no:

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

Ecuación 26

N_F = Carga de fatiga de la capa asfáltica.

ϵ_t = Deformación por tensión.

M_R = Módulo de resiliencia de la capa asfáltica, para usar este valor en la ecuación es necesario realizar la siguiente conversión:

$$M_r(\text{MPa}) = M_r(\text{psi}) * \frac{0.00689\text{MPa}}{1\text{psi}}$$

Ecuación 27

Para decir que N_F cumple es necesario que se cumpla la siguiente relación:

$N_F \geq$ ESAL'S, de no ser así es necesario aumentar el espesor de la capa asfáltica, pues es la que se encuentra por encima del punto más crítico de la deformación por tensión.

Valor por utilizar en el ϵ_t : 353×10^{-4}

$$N_F = 1.0226 \times 10^{25} \times \left(\frac{1}{353}\right)^{6.308} \times \left(\frac{1}{3100.50}\right)^{0.810}$$

Ecuación 28

$$N_F = 1\,289\,090 \geq 180\,067 \text{ ESAL's}$$

Ecuación 29

Esta relación cumple ya que la deformación por fatiga de la capa asfáltica es mayor que los ESAL's.

3.4.1.3.2. Comprobación del cumplimiento por carga de deformación plástica de la subrasante (NR) del diseño de la estructura de pavimento

Se define por medio de la siguiente fórmula si nuestro pavimento cumple o no:

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

Ecuación 30

Donde:

N_F : Carga por deformación plástica de la subrasante.

ϵ_{vs} : Deformación por compresión.

Ahora para decir que N_R cumple es necesario que se cumpla la siguiente relación:

$N_R \geq \text{ESAL}'\text{S}$, de no ser así es necesario aumentar el espesor de las capas, empezando siempre por el de la subbase por ser el más económico.

Valor por utilizar en el ϵ_{vs} : 8.5195×10^{-4} .

Ilustración 32 Resultado de las deformaciones plásticas

Esfuerzos Deformaciones Deflexiones			
#	Exx (1)	Eyy (1)	Ezz (1)
1	3.4091e-04	-7.3117e-06	-1.4890e-04
2	3.9316e-04	2.8215e-04	-1.2429e-04
3	-2.8483e-04	6.6158e-05	1.1738e-04
4	-3.5385e-04	-2.5819e-04	3.0493e-04
5	-3.4290e-04	-2.5215e-04	8.5195e-04
6	-3.1803e-04	-2.1986e-04	7.7835e-04

Fuente: Elaboración propia, programa PITRA PAVE.

$$N_R = 1.365 \times 10^{-9} \times \left(\frac{1}{8.5195 * 10^{-4}} \right)^{4.477}$$

Ecuación 31

$$N_R = 75451 < 187067 \text{ ESAL}'\text{s}$$

Ecuación 32

Esta relación no cumple ya que la deformación plástica de la subrasante es menor que los ESAL's, por lo tanto, se hace el diseño en PITRA PAVE nuevamente, cambiando el espesor de la subbase granular.

Nuevo valor de ϵ_{vs} : 6.7851×10^{-4} .

Ilustración 33 Resultado de las deformaciones plásticas con el nuevo espesor de la subbase

Esfuerzos Deformaciones Deflexiones			
#	Exx (1)	Eyy (1)	Ezz (1)
1	3.4091e-04	-7.3117e-06	-1.4890e-04
2	3.9316e-04	2.8215e-04	-1.2429e-04
3	-2.8483e-04	6.6158e-05	1.1738e-04
4	-3.5385e-04	-2.5819e-04	3.0493e-04
5	-2.5337e-04	-2.0490e-04	6.5377e-04
6	-2.7304e-04	-1.9563e-04	6.7851e-04

Fuente: Elaboración propia, programa PITRA PAVE.

Ahora sí, ya teniendo en cuenta que las deformaciones tanto por fatiga como plástica cumplen, se procede a definir la nueva estructura del pavimento.

Ilustración 34 Propuesta final de la estructura del pavimento

Estructura de Pavimento			
	Pulgadas (in)		cm
MAC	3.5	»	9
Base Granular	3.94	»	10
Subbase Granular	12	»	31

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Diseño de cordón de caño

Para el diseño final de cordón de caño se adjuntará en anexos el tipo que se utilizó para este proyecto.

3.4.3. Diseño hidrológico

El diseño hidrológico se realiza de la siguiente forma:

3.4.3.1. Cálculo del tiempo de concentración

Donde:

Ilustración 35 Tiempos de concentración

Sub Cuenca	Tiempo de Concentración (min)
1	0.80
2	0.61
3	1.01
4	0.88
5	0.86
6	0.62
7	1.00
8	0.98
9	0.86
10	0.49
11	0.74
12	0.47
13	0.69
14	0.28
15	0.52
16	0.12
17	2.29
18	0.72
19	1.15
20	0.84
21	1.28
22	0.76
23	0.24
24	0.27
25	2.34

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos son previos, pues los valores reales son los que se obtienen de la hoja del AyA, y se muestran a continuación:

Tabla 8 Tiempos de concentración obtenidos en la hoja del AyA

Subcuenca	Tiempo de concentración (min)
1	10.00
2	10.00
3	10.00
4	10.00
5	10.46
6	11.24
7	11.71
8	12.47
9	12.94
10	13.70
11	14.16
12	10.00
13	14.70
14	15.18
15	15.65
16	15.85
17	16.12
18	17.35
19	18.54
20	19.85
21	20.00
22	20.42
23	21.50
24	22.71
25	10.00

Fuente: Elaboración propia.

El valor del tiempo de concentración que se debe usar según las indicaciones del AyA tiene que ser mínimo de 10 minutos, y ese es el valor que se va a usar, debido a que los tiempos de concentración calculados resultaron menores a los 10 minutos.

3.4.3.2. Cálculo de la intensidad de lluvia

Donde:

T= 25 años

D (tc) = 15.017 min

Ilustración 36 Estación para la intensidad de lluvia

Estación	Nombre	c1	c2	c3
74-53	Santa Cruz	184.4	0.108	0.247

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los datos anteriores se resuelve la fórmula:

$$i = 184.40 * \frac{(25)^{0.108}}{(15.017)^{0.247}}$$

Ecuación 33

$$i = 133.70 \text{ mm/h}$$

Ecuación 34

Preliminarmente ese es el dato para la intensidad de lluvia, por medio de la ecuación.

A continuación, se muestran los valores obtenidos con la hoja del AyA.

Tabla 9 Intensidades obtenidas mediante la hoja del AyA

Sub Cuenca	Intensidad (mm/h)
1	147.80
2	154.10
3	154.10
4	152.90
5	150.90
6	150.20
7	148.90
8	180.00
9	146.70
10	145.80
11	154.10
12	145.00
13	144.70
14	143.80
15	143.50
16	143.00
17	142.90
18	141.10
19	140.00
20	137.90
21	136.30
22	135.10
23	134.90
24	133.60
25	154.10

Fuente: Elaboración propia.

3.4.4. Diseño hidráulico

3.4.4.1. Cálculo del coeficiente de escorrentía

El proceso que se llevó a cabo constaba en determinar primeramente el área total de la cuenca, luego dividirla en cada una de las superficies, colocarle un coeficiente de escorrentía ponderado a cada una de las secciones de área, ya sea calles, aceras, zonas verdes, bosques, cordón y caño.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se utilizó la ilustración 37 como referencia.

Ilustración 37 Cálculo del coeficiente de escorrentía

Características de la Superficie	Coeficiente de Esgurrimiento	Áreas de las Superficies	Coeficiente
Áreas Desarrolladas			
Asfalto	0.86	4025	3461.5
Aceras	0.88	1300	1144
Techo	0.88	55000	48400
Áreas No Desarrolladas			
Pastizales			
Plano del 0 al 2%	0.34	30000	10200
Bosques			
Plano del 0 al 2%	0.31	40000	12400
Total			75605.5
Coeficiente de Escorrentía			0.58

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, al basarse en la ilustración anterior, se tiene que el coeficiente de escorrentía es de 0.58.

3.4.4.2. Cálculo de caudales

Para el cálculo del caudal se utilizó el método racional.

En la siguiente ilustración se muestran los caudales de diseño, según cada subcuenca.

Tabla 10 Resultados obtenidos de caudales de diseño

Subcuenca	Área (m ²)	Pendientes usadas (%)	Caudal de diseño (m ³ /s)
1	6730.12	0.64	160.00
2	15559.32	0.64	386.00
3	8150.42	1.20	756.00
4	3200.05	1.20	829.00
5	2740.18	1.20	885.00
6	964.38	2.50	903.00
7	545.10	2.40	909.00
8	1971.03	2.10	950.00
9	15.33	1.20	943.00
10	255.75	1.10	1010.00
11	536.12	3.10	961.00
12	3740.06	2.60	1044.00
13	3942.36	2.40	1131.00
14	3210.87	2.90	1200.00
15	3333.56	2.00	1275.00
16	3675.31	3.20	1869.00
17	325.06	2.90	1878.00
18	587.64	1.50	2129.00
19	312.14	2.80	2129.00
20	556.94	2.00	2215.00
21	326.14	2.60	2208.00
22	606.22	2.50	2215.00
23	410.87	2.50	2208.00
24	1200.05	0.67	2217.00
25	5120.98	0.64	0.00

Fuente: Elaboración propia.

3.4.5. Implementación del programa Autodesk Civil 3D

Se le introdujeron los parámetros de diseño, extraídos del manual, de manera que se obtenga una idea clara del diseño deseado en sitio, con el cual se realizó el diseño de alcantarillado en el Civil 3D.

3.4.6. Diseño de pozos

Cada pozo deberá colocarse a una distancia máxima de 120 metros porque así es como se encuentra normado. Los tragantes se colocan de tal manera que puedan absorber las áreas de influencia de forma correcta, pues los tragantes son los que transportan el escurrimiento de las aguas.

Tabla 11 Área de influencia de pozos

Área de Pozos	
PP1	15559.32
PP2	6730.12
PP3	8150.42
PP4	3200.05
PP5	2740.18
PP6	964.38
PP7	545.1
PP8	1971.03
PP9	15.33
PP10	255.75
PP11	536.12
PP12	3740.06
PP13	3942.36
PP14	3210.87
PP15	3333.56
PP16	3675.31
PP17	325.06
PP18	587.64
PP19	312.14
PP20	556.94
PP21	326.14
PP22	606.22
PP23	410.87
PP24	1200.05
PP25	5120.98

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del alcantarillado se logró mantener una tubería en todos los tramos de 800mm por sugerencia de la Municipalidad de Santa Cruz, Guanacaste.

Tabla 12 Resumen tuberías

Pozo	Pozo	Diámetro tubería (mm)	Longitud (m)	Pendiente (%)
TPP1	TPP3	800	65.52	0.50
TPP25	TPP2	800	90.39	0.50
TPP2	TPP3	800	51.5	0.50
TPP3	TPP5	800	50.97	0.50
TPP5	TPP7	800	52.37	0.50
TPP6	TPP7	800	85.21	0.50
TPP7	TPP9	800	52.36	0.50
TPP8	TPP9	800	84.4	0.50
TPP9	TPP11	800	51.72	0.50
TPP10	TPP11	800	52.83	0.50
TPP11	TPP13	800	58.81	0.50
TPP12	TPP13	800	53.29	0.50
TPP13	TPP14	800	53.29	0.50
TPP14	TPP15	800	21.82	0.50
TPP15	TPP16	800	30.07	0.50
TPP16	TPP24 (DESFOGUE)	800	10.19	0.50
TPP17	TPP18	800	49.91	0.50
TPP18	TPP19	800	52.48	0.50
TPP19	TPP20	800	53.42	0.50
TPP20	TPP21	800	51.34	0.50
TPP21	TPP22	800	28.59	0.50
TPP22	TPP23	800	22.74	0.50
TPP23	TPP24 (DESFOGUE)	800	38.79	0.50

Fuente: Elaboración propia.

3.4.7. Señalización

Es una carretera existente, pero carece de señalización vial lo cual se utiliza como referencia las recomendaciones del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, SIECA 2014, con el fin de mantener orden y seguridad a todos los usuarios que transiten por esta zona.

En la siguiente tabla se muestra la señalización vertical recomendada a utilizar:

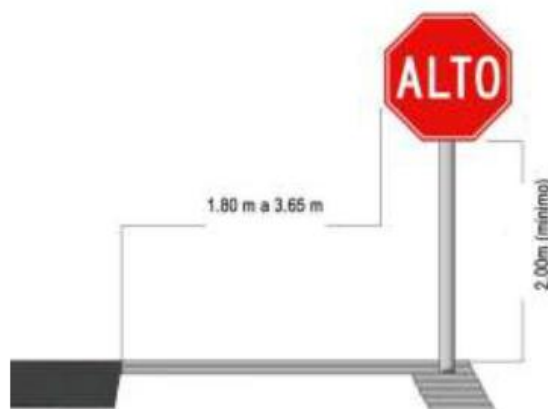
Tabla 13 Señalamiento vertical

Código de señalización	Descripción	Estación	Sentido
A-1-1	ALTO	0+333.79	Sur-Norte
A-1-2	ALTO	0+334.72	Sur-Norte
A-1-3	ALTO	0+067.30	Sur-Norte
C-1-1	CEDA	0+274.98	Oeste-Este
C-1-2	CEDA	0+275.24	Oeste-Este
C-1-3	CEDA	0+223.26	Oeste-Este
C-1-4	CEDA	0+223.91	Oeste-Este
C-1-5	CEDA	0+170.90	Oeste-Este
C-1-6	CEDA	0+170.51	Oeste-Este
C-1-7	CEDA	0+118.53	Oeste-Este
C-1-8	CEDA	0+118.05	Oeste-Este
C-1-9	CEDA	0+067.56	Oeste-Este
C-1-10	CEDA	0+068.16	Oeste-Este
P-1-1	Prevención curva	0+120	Oeste-Este
P-1-2	Prevención curva	0+275.24	Sur-Norte
R-1-1	Velocidad máxima 40km/h	0+170.51	Sur-Norte

Fuente: Elaboración propia.

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 38 Dimensiones mínimas para la colocación de señalamiento vertical



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 línea amarilla continua a todo lo largo del tramo, debido a que es una calle rural. Para la línea de borde de la calzada se propone colocar línea continua blanca.

3.4.7.1. Captaluces

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

1. Captaluces dos caras amarillas: Se colocarán a cada 10 metros sobre la doble línea continua amarilla.
2. Captaluces una cara blanca: Se ubicarán a cada 10 metros 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.

CONCLUSIONES

- I. Se elaboró un estudio hidrológico por medio del cual teniendo los datos indicados para la zona de desarrollo del proyecto se pudo brindar una solución al problema actual del desabastecimiento del alcantarillado pluvial, cumpliendo con las normas del AyA.
- II. Se realizó una propuesta de diseño geométrico y vertical, el cual cumple con las indicaciones de las normativas internacionales, donde se le brinda tanto a los conductores que pasan por la zona, como los habitantes de esta, mayor oportunidad para transitar por el lugar con las condiciones óptimas.
- III. Se especificó la señalización correspondiente a la zona del proyecto, con el fin de brindar una mayor seguridad a los transeúntes del Barrio Jerusalén y Residencial Chorotega.

RECOMENDACIONES

- Se le recomienda a la Municipalidad de Santa Cruz, Guanacaste a cargo de este proyecto, ampliar la topografía realizada con el fin de determinar los anchos de carriles reales que se pueden construir en el proyecto.
- Se recomienda a la entidad beneficiada, hacer la verificación de la capacidad soportante del suelo mediante estudios en sitio, ya que de esta forma se puede bajar el costo de la estructura del pavimento.
- Se le recomienda a la Universidad Latina de Costa Rica brindar más proyectos que sean enfocados en el diseño vial y de pavimentos, para así tener un mejor conocimiento y poder aplicar lo aprendido en las clases.
- Realizar una modelación de la parte hidrológica e hidráulica de la red diseñada para futuros eventos extremos con la implementación del programa Storm Water Management Model, más conocido por sus siglas como SWMM.
- Como continuación del proyecto, se recomienda realizar un presupuesto estimado de las obras, ya que con los datos brindados es posible calcularlo, y sería de mucha utilidad para la entidad beneficiada.

BIBLIOGRAFÍA

- Abhas K Jha, R. B. (2012). Guía para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en Ciudades en el Siglo 21. Washington D.C. : GFDRR.
- AyA. (2017). Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial . San José .
- Caminos, I. d. (2006). Barcelona World Race . Obtenido de <https://ingeniero-de-caminos.com/que-es-la-hidraulica/>
- Cárdenas Grisales, J. (2013). Diseño Geometrico de Carreteras . Bogotá.
- Chacón, I. S. (2010-2011). Conservación Vial: Efecto de la escorrentía superficial sobre el sistema de infraestructura de drenaje en vías de índole no urbana. . San José : Tecnología MOPT .
- Chow, V. T., Maidment , D., & Mays , L. (1994). Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill .
- COSANHER. (27 de Mayo de 2015). Drenajes . Obtenido de <https://www.cosanher.com/single-post/2015/05/27/DRENAJE-EN-CARRETERAS>
- Cruz, M. d. (20 de Julio de 2019). Historia del cantón de Santa Cruz . Obtenido de <https://santacruz.go.cr/index.php/canton/historia-santa-cruz>
- DEI. (2019). Real Academia de la Ingeniería . Obtenido de <http://diccionario.raing.es/es/lema/cuenca-urbana>
- Emergencias, C. N. (14 de Julio de 2010). Amenazas Naturales del Cantón de Santa Cruz, Guanacaste . Obtenido de <https://www.cne.go.cr/Atlas%20de%20Amenazas/STACRUZ.htm>
- Gamboa. (1969). Diseño hidrológico e hidráulico de drenajes menores de carreteras . San José: Editorial Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.
- Garber, N. &. (2005). Ingeniería de tránsito y carreteras. Mexico DF: Learning Editores, S.A.
- Grisales, J. C. (2013). Diseño Geométrico de Carreteras . Bogotá : Eco Ediciones .
- Guanacaste. (20 de Enero de 2002). Guanacaste Costa Rica . Obtenido de <http://www.guanacastecostarica.com/es/historia.html>
- Hoel, N. J. (2005). Ingeniería de Tránsito y Carreteras . México : Thomson México .

- Hugo. (16 de Febrero de 2011). Pavimentos . Obtenido de <http://libro-pavimentos.blogspot.com/2011/02/factor-de-camion.html>
- León. (04 de Julio de 2018). Cultura del Agua . Obtenido de <http://culturadelagua.sapal.gob.mx/index.php/lo-que-hacemos/10-colectores-pluviales>
- MOPTVDU, D. y. (2016). Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas. El Salvador .
- Morales, N. R. (2011). Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas . San José : MINAET-IMN .
- Perez Carmona, R. (2014). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje de carreteras . Bogota : ECOE Ediciones .
- Públicas, V. d. (2007). Ingeniería . San José .
- S. Minaya, A. O. (2014). Wordpress. Obtenido de <https://hugoalcantara.files.wordpress.com/2014/02/acapitulo-6-estudio-de-trc3a1nsito.pdf>
- SIECA. (2011). Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico carreteras. aacid.
- SIECA. (2014). Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito . Guatemala : PRIAIAA.
- Texas Water Commission . (1963). The Development of the Science of Hydrology. En G. D. P.B. Jones, The Development of the science of Hydrology (pág. 3). Texas : TW.
- Transporte, P. d. (2016). Anuario de Información de Tránsito 2015. San José .
- Transportes, M. d. (2015). Manual del Conductor . San José : EUNED .
- Transportes, M. d. (2018). Programa de la Red Vial Cantonal II. San José .
- Vahrson, W. G. (1992). En Intensidades maximas de las tormentas sobre los centros urbanos mas importantes de Costa Rica (págs. 245-256). Congreso Recursos Hidraulicos y Saneamiento Ambiental.

ANEXOS

Ilustración 39 Información para el Diseño de Pavimento

MUNICIPALIDAD DE SANTA CRUZ
DIRECCIÓN DE DESARROLLO URBANO Y RURAL
 TELEFONOS: 2680-0101 EXTENSIÓN 129, FAX 2680-0829.
 SANTA CRUZ --- GUANACASTE



Santa Cruz, 30 de Abril del 2020.
 DDUR-EXT-07-2020.

Señorita.
 Daniela Oviedo Arias.
 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 Residencial Chorotega**, ciudad de Santa Cruz:

CBR= 6,3 ; Mr=6 911 psi

Atentamente,

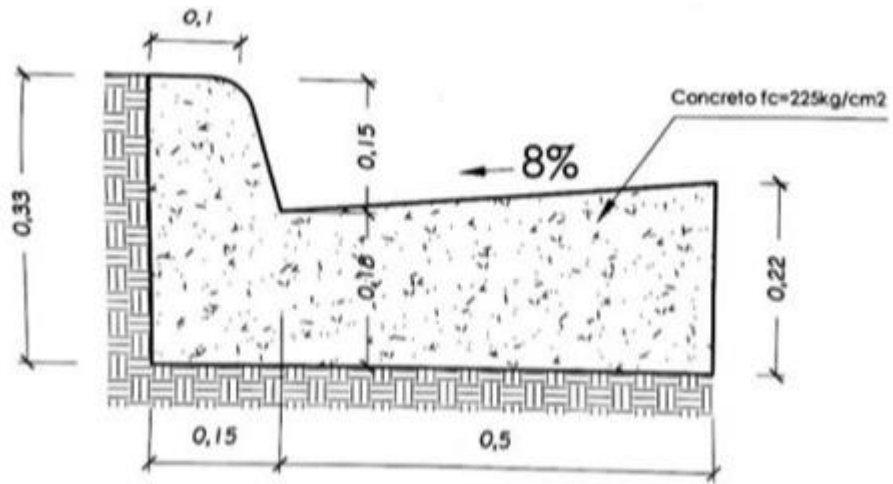
**DIEGO ALBERTO
 RODRIGUEZ
 GALAGARZA
 (FIRMA)**

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 09:18:40
 Foxit Reader Versión: 9.6.0

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

Fuente: (Municipalidad de Santa Cruz, Guanacaste, 2020)

Ilustración 40 Diseño del Cordón de Caño a usar



Fuente: (AyA, 2020)

Ilustración 41 Portada de plano



PROYECTO:
 PROPUESTA DE DISEÑO VIAL PARA LA MEJORA DEL BARRIO
 JERUSALÉN Y EL RESIDENCIAL CHOROTEGA EN,
 SANTA CRUZ DE GUANACASTE

PROPIETARIO:
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CRUZ, GUANACASTE

INDICE	LÁMINA N°
PORTADA	1
CONDICIONES GENERALES	2
SECCIONES TRANSVERSALES	3
PLANO DE TOPOGRAFÍA	4
PLANO DE DISEÑO	5
PLANO Y PERFIL LONGITUDINAL	6
PLANO DE DISEÑO DE PAVIMENTO	7
PLANO DE DISEÑO DE OBRAS DE OBRERA	8



UBICACIÓN GEOGRÁFICA
 EN Google Earth
 SIN ESCALA

PROYECTO:

PROPUESTA DE DISEÑO VIAL PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALÉN Y EL RESIDENCIAL CHOROTEGA EN SANTA CRUZ DE GUANACASTE

PROPIETARIO:



PROYECTO	FECHA	ESTADO

IMPRESA: 00/0000000000

PORTADA

FECHA	FECHA	FECHA

Ilustración 42 Sección típica

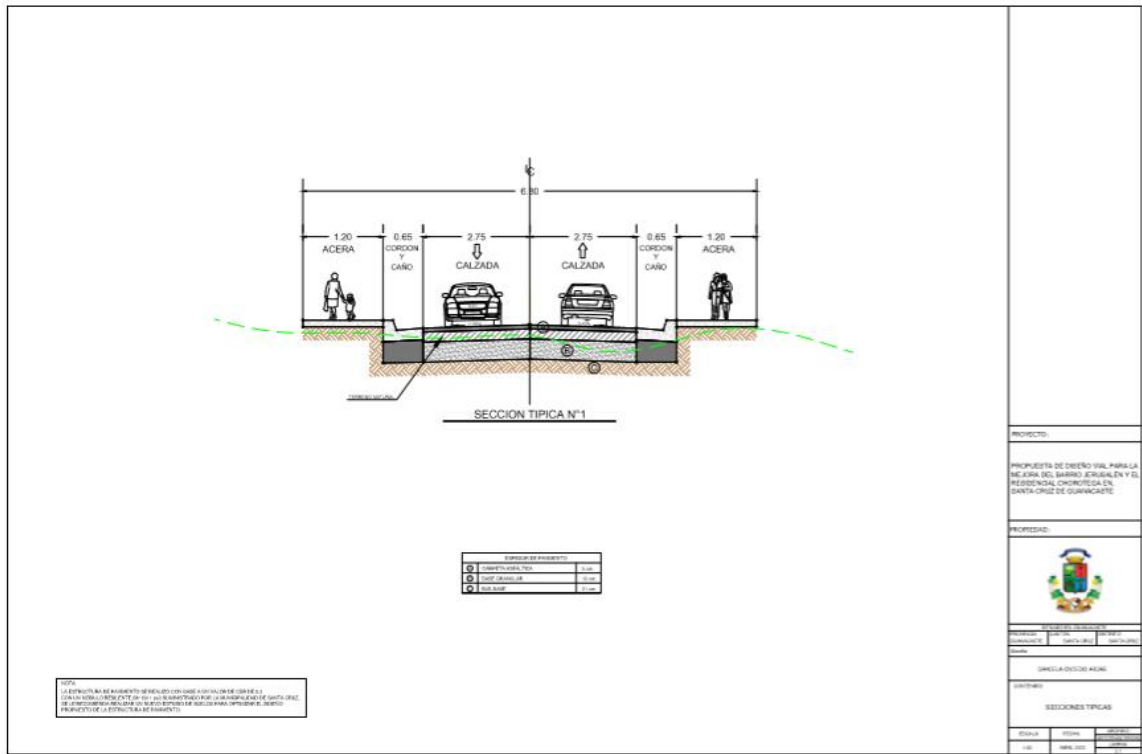


Ilustración 43 Planta topografía

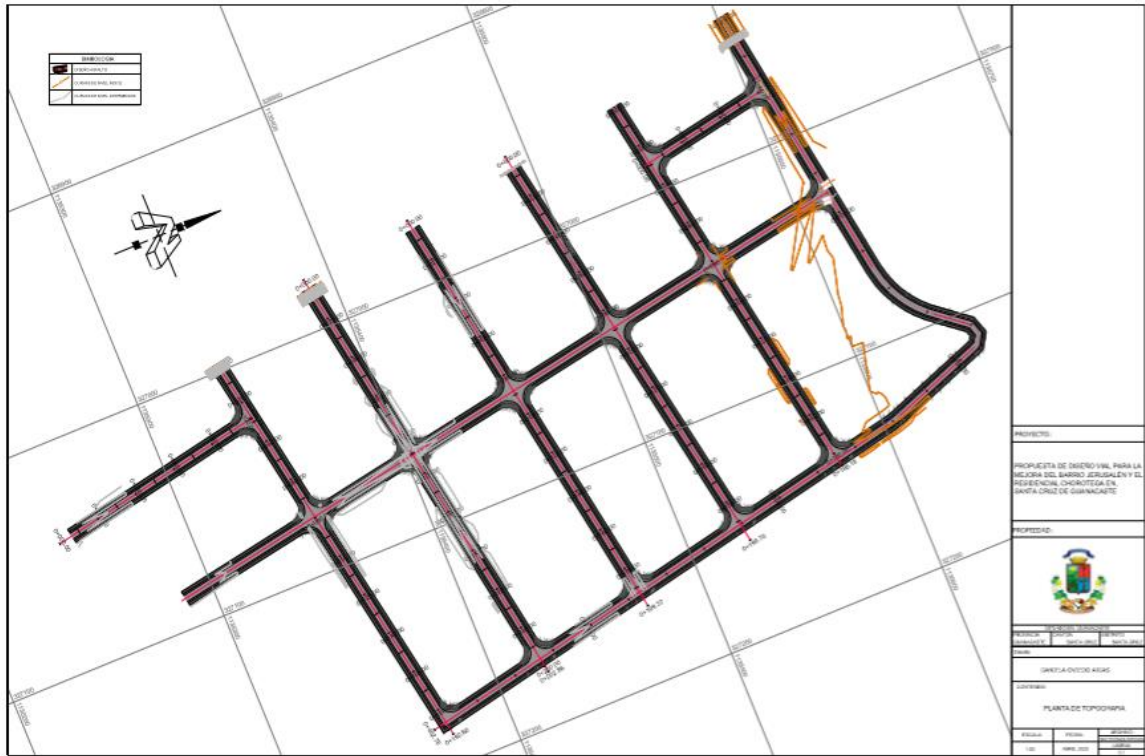


Ilustración 44 Planta y perfil calle 17

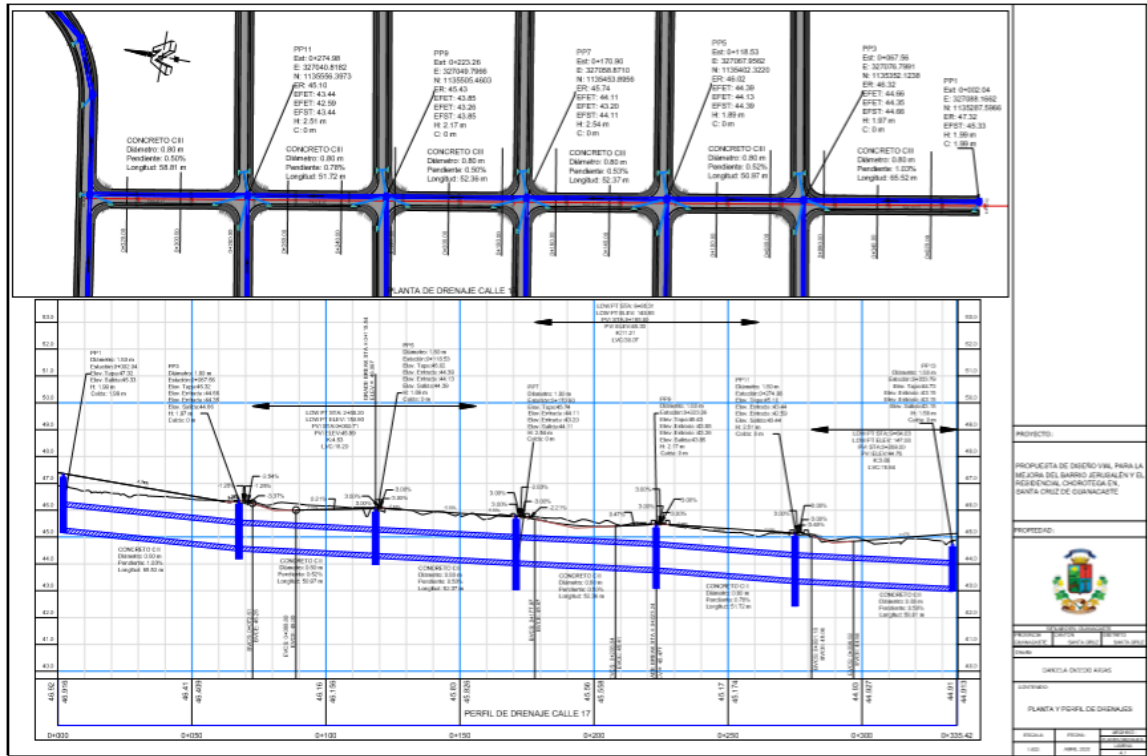


Ilustración 45 Planta calle Arriba-Jerusalén

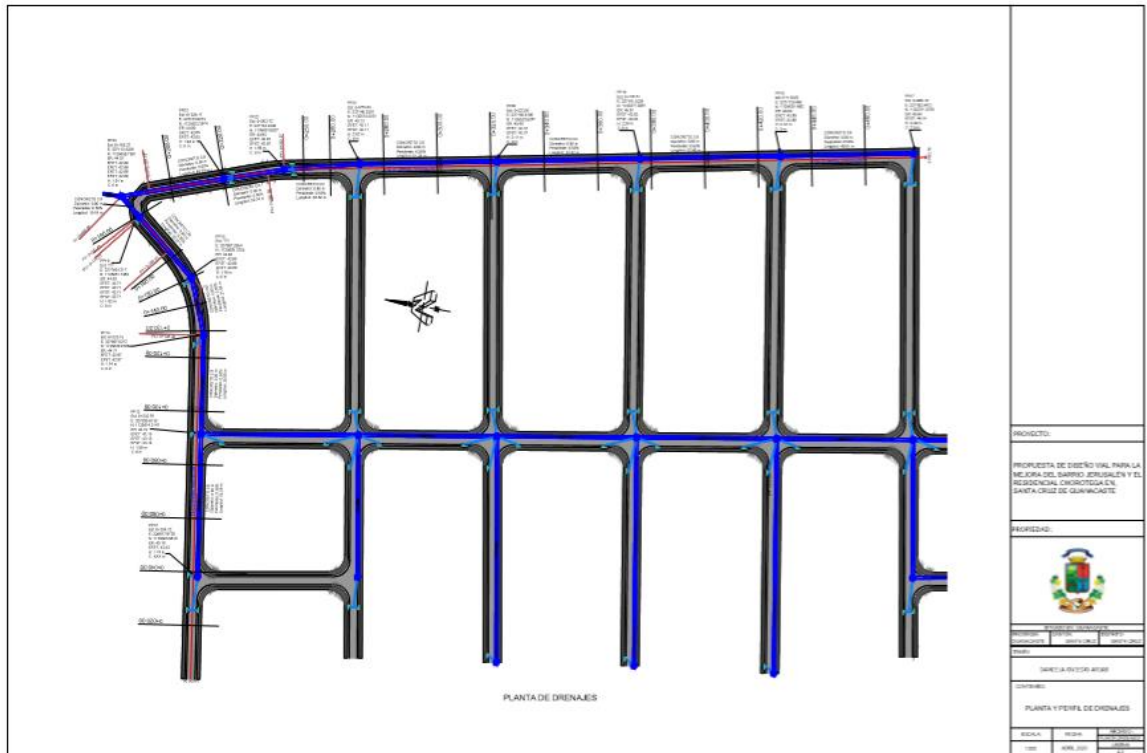


Ilustración 46 Perfil calle Arriba-Jerusalén

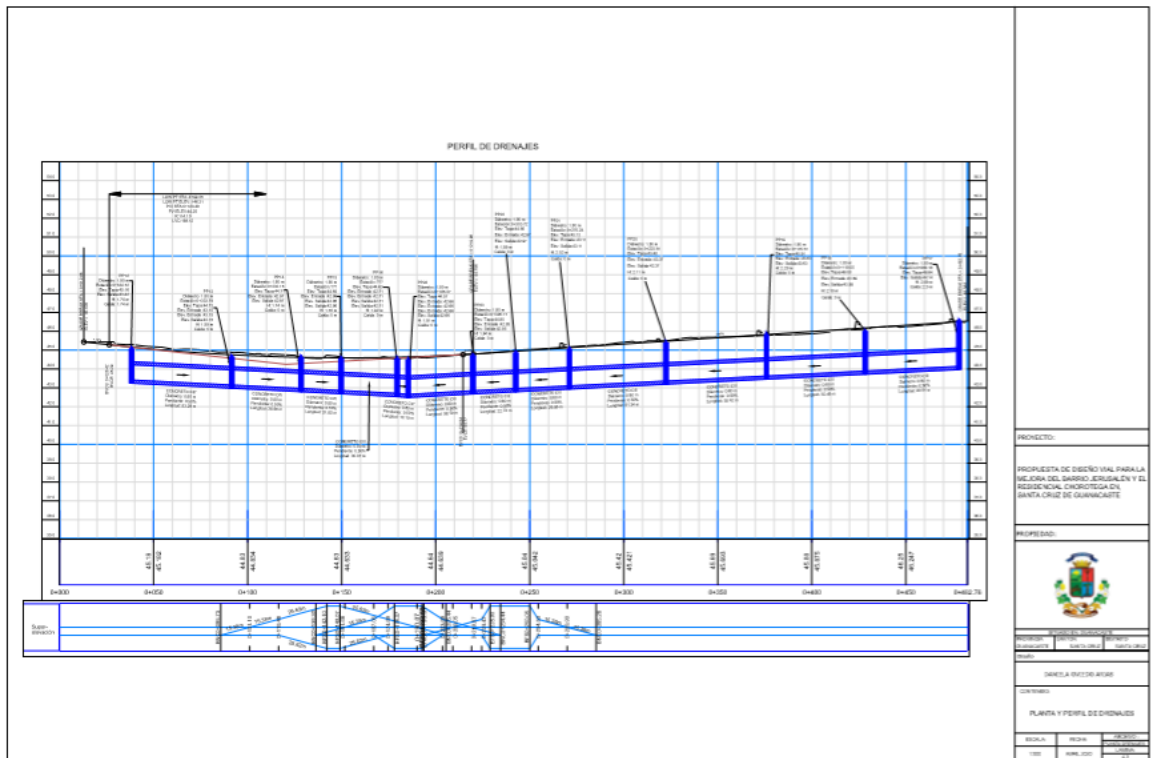


Ilustración 47 Planta y perfil calle pequeña 1 y 2

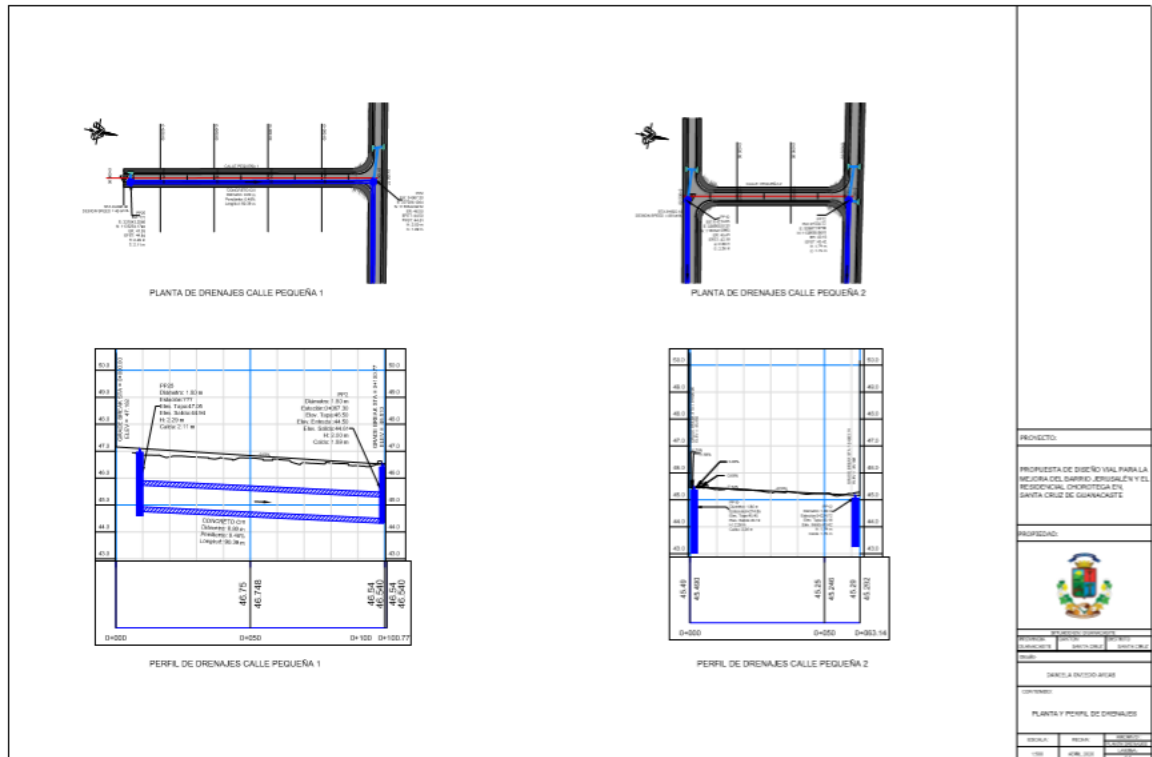


Ilustración 48 Planta y perfil calle transversal 1

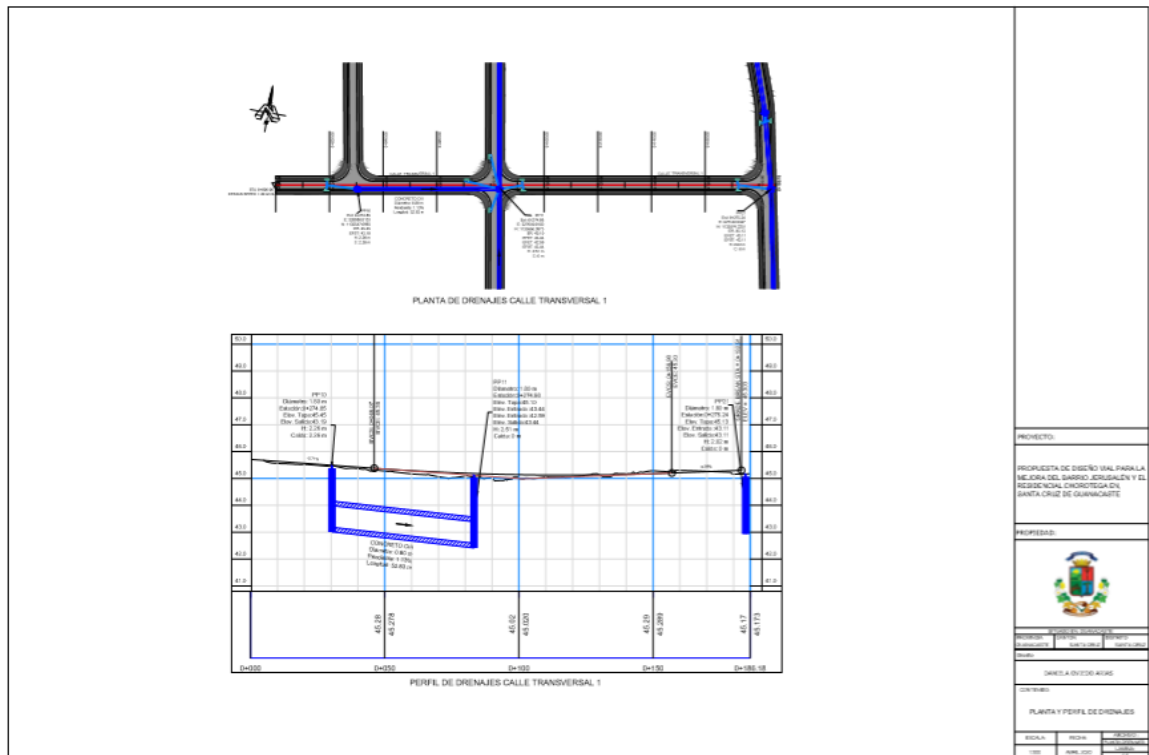


Ilustración 49 Planta y perfil calle transversal 2

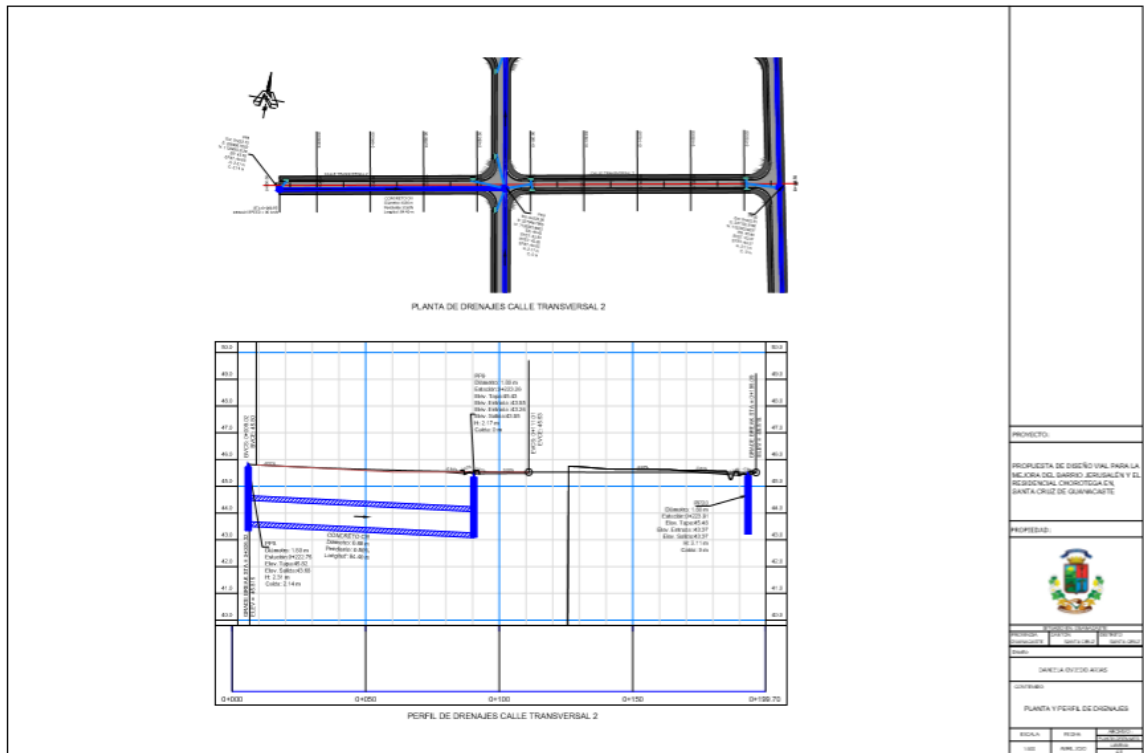


Ilustración 50 Planta y perfil calle transversal 3

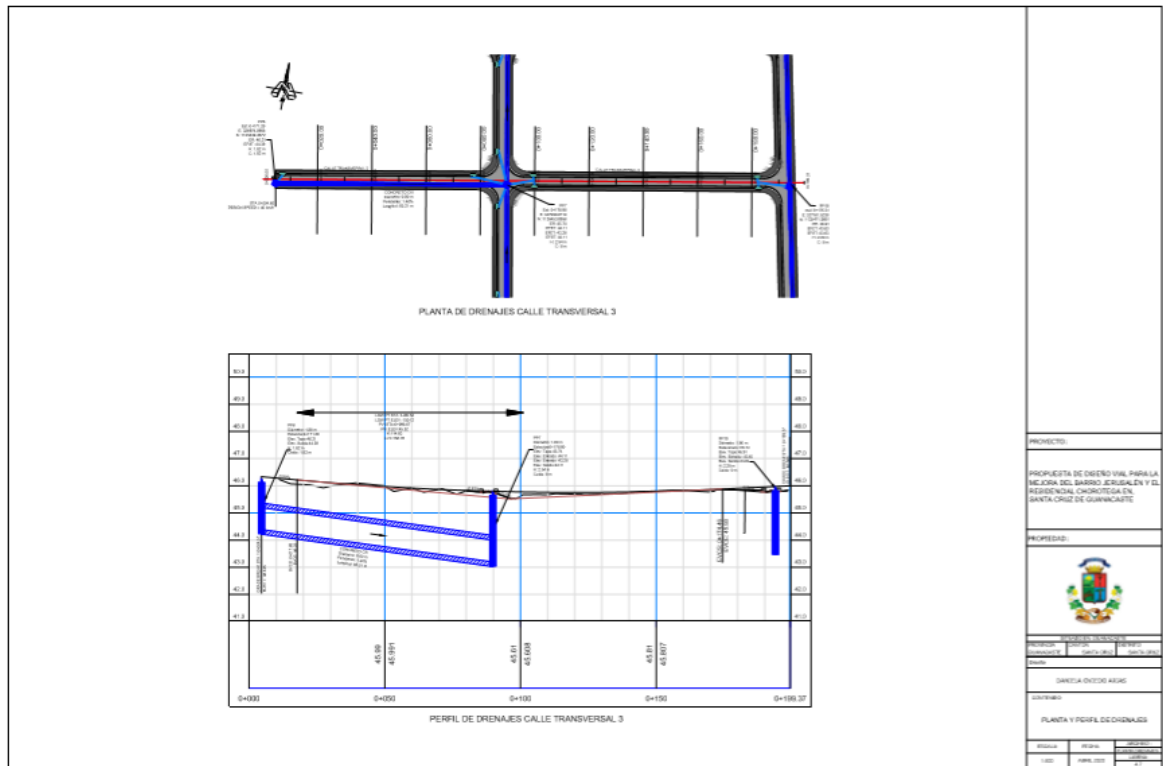


Ilustración 51 Planta y perfil calle transversal 4

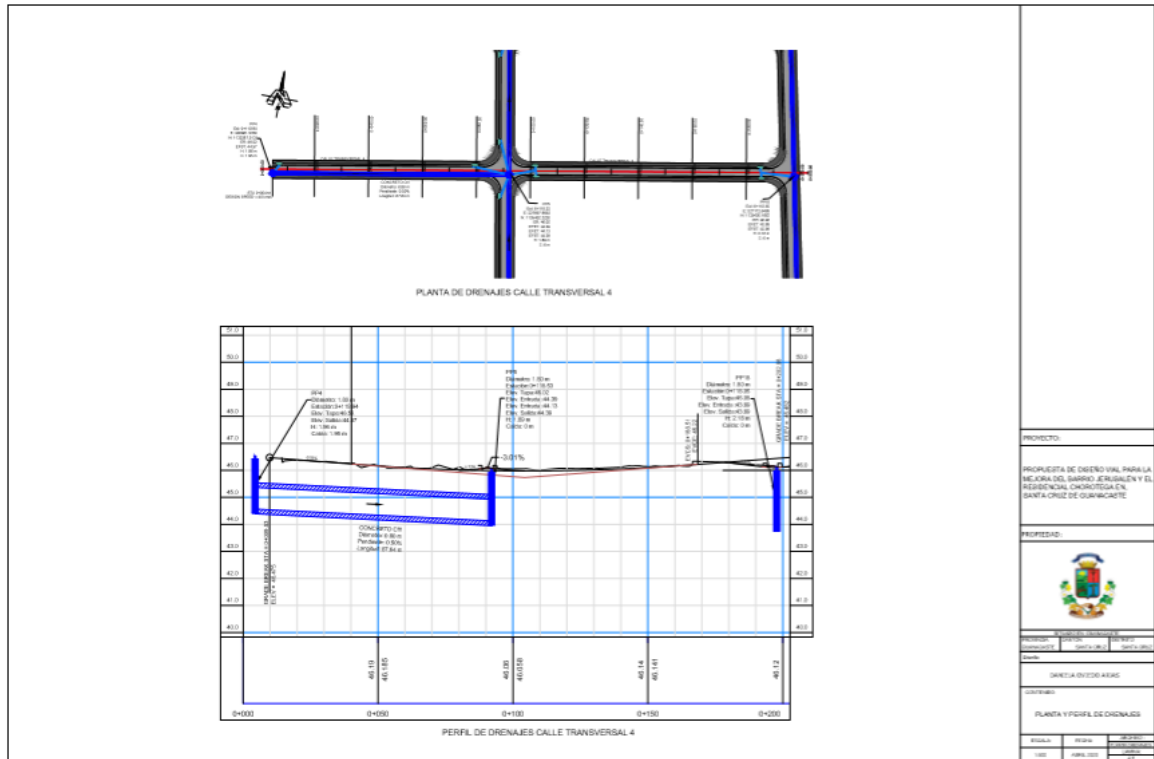


Ilustración 52 Planta y perfil calle transversal 5

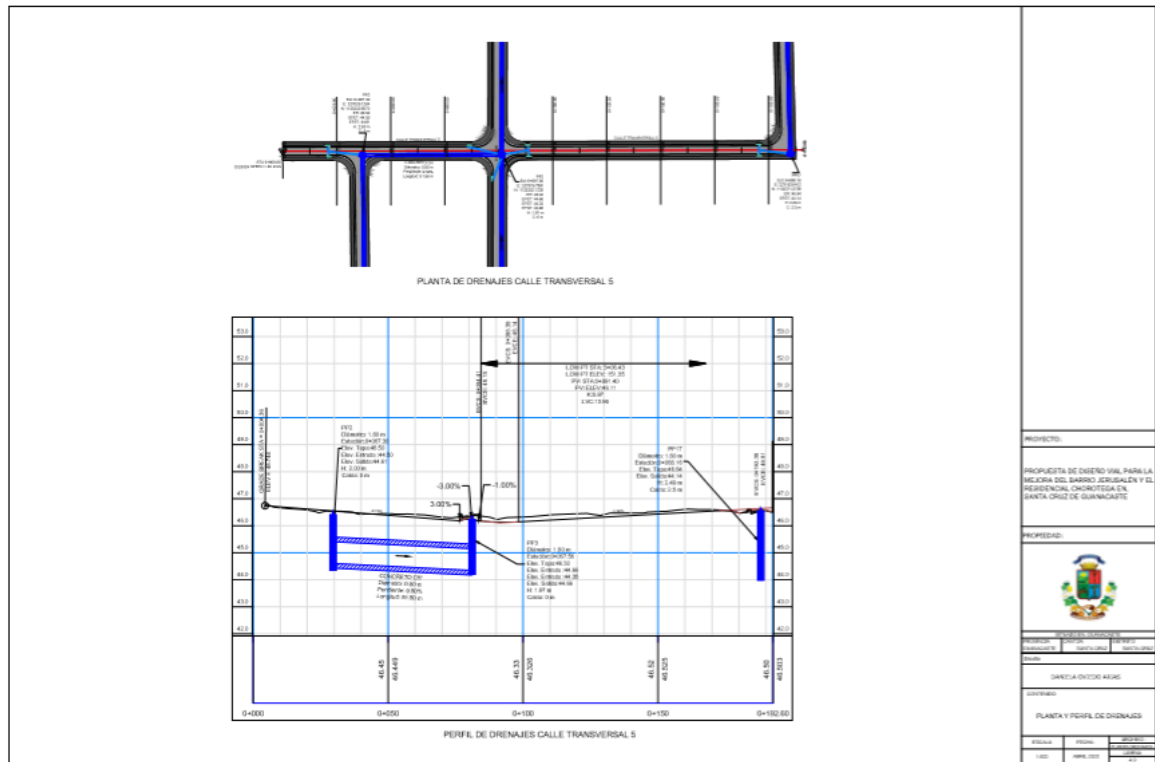


Ilustración 53 Planta y perfil desfogue

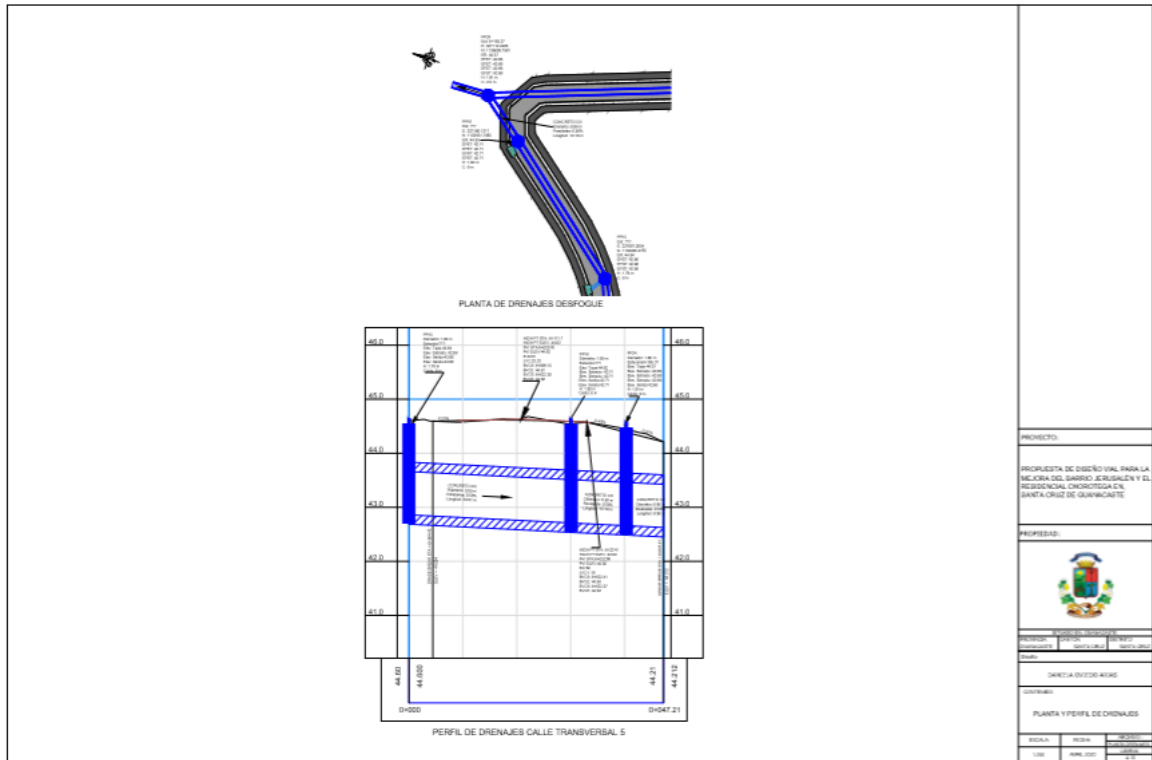


Ilustración 54 Detalles drenajes

DETALLE DE RELLENO DE FUNDACIÓN PARA ALcantarILLAS CIRCULARES

PLANTA TRAGANTE TIPO A/A

SECCIÓN B-B TRAGANTE TIPO A/A

SECCIÓN F-F POZO DE REGISTRO PLUVIAL

SECCIÓN G-G POZO DE REGISTRO PLUVIAL

DETALLES DE VIGAS TRAGANTE TIPO A/A

ELEVACIÓN DEL FRENTE

ELEVACIÓN DEL EXTREMO

EMBOLOTIZA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

SECCIÓN F-F POZO DE REGISTRO PLUVIAL

NOTA: EN RELLENO FIGURAN DE CONCRETO EL PISO DEL POZO Y EL TECHO DEL POZO. EL PISO DEL POZO DEBE SER DE CONCRETO ARMADO Y LA CUBIERTA DE CONCRETO ARMADO. (VER PLANOS DE CONCRETO).

VOLUMEN DEL TUBO EN CENTÍMETROS	
30	100
40	160
50	250
60	360
70	490
80	640
90	810
100	1000
110	1210
120	1440
130	1690
140	1960
150	2250
160	2560
170	2890
180	3240
190	3610
200	4000
210	4410
220	4840
230	5290
240	5760
250	6250
260	6760
270	7290
280	7840
290	8410
300	9000
310	9610
320	10240
330	10890
340	11560
350	12250
360	12960
370	13690
380	14440
390	15210
400	16000
410	16780
420	17580
430	18400
440	19240
450	20100
460	20980
470	21880
480	22800
490	23740
500	24700
510	25680
520	26680
530	27700
540	28740
550	29800
560	30880
570	31980
580	33100
590	34240
600	35400
610	36620
620	37860
630	39120
640	40400
650	41700
660	43020
670	44360
680	45720
690	47100
700	48500
710	49920
720	51360
730	52820
740	54300
750	55800
760	57320
770	58860
780	60420
790	62000
800	63600
810	65220
820	66860
830	68520
840	70200
850	71900
860	73620
870	75360
880	77120
890	78900
900	80700
910	82520
920	84360
930	86220
940	88100
950	90000
960	91920
970	93860
980	95820
990	97800
1000	99800

VOLUMEN DEL CONCRETO EN METROS CUBICOS

CABEZALES PARA ALcantarILLAS DE TUBO DIAMETROS DE 30 A 122 CENTIMETROS	
30	0.001
40	0.002
50	0.003
60	0.005
70	0.007
80	0.010
90	0.013
100	0.017
110	0.022
120	0.028
130	0.035
140	0.043
150	0.052
160	0.062
170	0.073
180	0.085
190	0.098
200	0.112
210	0.127
220	0.143
230	0.160
240	0.178
250	0.197
260	0.217
270	0.238
280	0.260
290	0.283
300	0.307
310	0.332
320	0.358
330	0.385
340	0.413
350	0.442
360	0.472
370	0.503
380	0.535
390	0.568
400	0.602
410	0.637
420	0.673
430	0.710
440	0.748
450	0.787
460	0.827
470	0.868
480	0.910
490	0.953
500	0.997
510	1.042
520	1.088
530	1.135
540	1.183
550	1.232
560	1.282
570	1.333
580	1.385
590	1.438
600	1.492
610	1.547
620	1.603
630	1.660
640	1.718
650	1.777
660	1.837
670	1.898
680	1.960
690	2.023
700	2.087
710	2.152
720	2.218
730	2.285
740	2.353
750	2.422
760	2.492
770	2.563
780	2.635
790	2.708
800	2.782
810	2.857
820	2.933
830	3.010
840	3.088
850	3.167
860	3.247
870	3.328
880	3.410
890	3.493
900	3.577
910	3.662
920	3.748
930	3.835
940	3.923
950	4.012
960	4.102
970	4.193
980	4.285
990	4.378
1000	4.472

PROYECTO:

PROYECTO DE DISEÑO Y/O PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALEN Y EL RESIDENCIAL CHORITOGA EN SANTA CRUZ DE GUAYACATE.

PROPIEDAD:

PROYECTO DE DISEÑO Y/O PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALEN Y EL RESIDENCIAL CHORITOGA EN SANTA CRUZ DE GUAYACATE.

PROYECTO:

PROYECTO DE DISEÑO Y/O PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALEN Y EL RESIDENCIAL CHORITOGA EN SANTA CRUZ DE GUAYACATE.

PROYECTO:

PROYECTO DE DISEÑO Y/O PARA LA MEJORA DEL BARRIO JERUSALEN Y EL RESIDENCIAL CHORITOGA EN SANTA CRUZ DE GUAYACATE.

Ilustración 55 Detalles drenajes

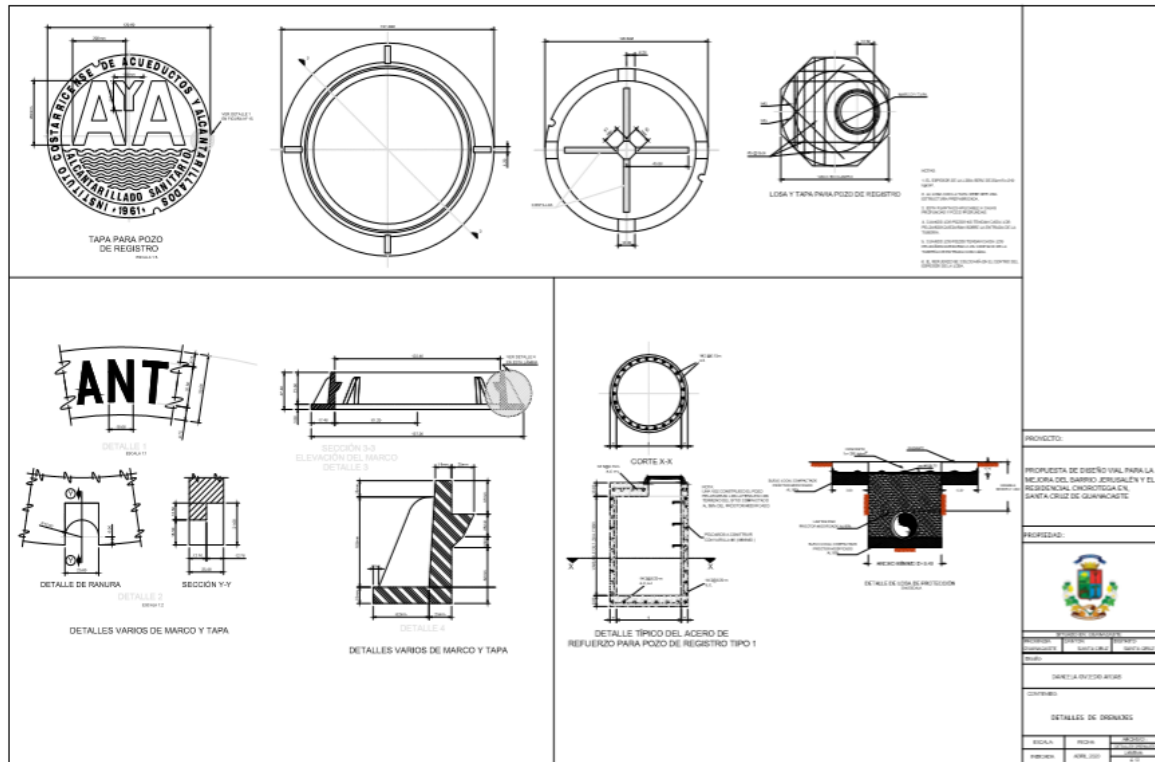


Ilustración 56 Planta de señalización

