

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

“Diseño Hidrotecnico y geométrico vial del tramo de carretera San Juan de Rio Coco- Las cruces, Quilali longitud de 7.6 km entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia”

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Luis Enrique
Mendoza Jiménez
Carnet: 2018-0776U

Br. Francisco Javier
González Urrutia
Carnet: 2017-1242U

Br. Danys Cecilia
Reyes Ruiz
Carnet: 2018-0790U

Dr. Ing. Néstor
Javier Lanza Mejía

12 de septiembre del 2024
Managua, Nicaragua.

Agradecimientos

Principalmente a Dios por darnos sabiduría, guiarnos en todo el proceso de nuestra tesis, brindarnos las mejores ideas para solucionar cada imprevisto presentado, por la paciencia otorgada, la salud, fuerza y sobre todo por su amor incondicional.

A nuestros padres por todo el apoyo en esta carrera profesional, por su amor verdadero, por los consejos, motivaciones, por ser seres ejemplares de resiliencia y por siempre confiar y enseñarnos a confiar en nosotros.

A nuestra alma mater Universidad Nacional de Ingeniería por habernos brindados los mejores docentes para ejercer esta carrera con pasión y entusiasmo.

A nuestra Asesora y amiga, **Máster Ing. Jessenia Montenegro** que con su entusiasmo y profesionalismo nos motivó a seguir en este camino

A nuestro Tutor, Profesor y amigo, **Dr. Ing. Néstor Javier Lanza**, quien fue el que nos motivó a conocer el mundo de la Hidráulica.

Dedicatoria

Esta monografía se la dedico a primeramente a Dios, por darme sabiduría e inteligencia y saber conducirme hasta la finalización de una de mis metas, que gracia a ello deseo alcanzar un mayor aprendizaje y ser un profesional que aporte a nuestra patria.

Segundo, a mis padres Martha Cecilia Ruiz y Denis Alberto Reyes, hermanos Jonathan Reyes y Donaly Reyes, tíos y abuelos por aportar con consejos, económicamente y apoyarme en cada una de mis decisiones emprendidas en este camino.

Tercero, a mis compañeros de tesis, Luis y Francisco, los 3 aparte de ser amigos somos un gran equipo que ha lidiado con todos los problemas presentado y hemos sabido resolver.

Y, por último, a nuestro tutor: **Dr. Ing. Néstor Lanzas Mejía** y asesora, **Msc. Ing. Jessenia Montenegro** por la paciencia, y arduo esfuerzo que tiene por la enseñanza hacia los alumnos.

Br. Danys Cecilia Reyes Ruiz

Dedicatoria

El principal agradecimiento a Dios que me ha guiado y me ha dado la fortaleza para afrontar cada reto que se me ha presentado.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A mi madre y mi padre que han sabido formarme con buenos hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A nuestra alma mater Universidad nacional de ingeniería por haber brindado la educación con excelentes maestros para aprender y ejercer esta carrera.

A nuestro tutor **Dr. Ing. Néstor Javier Lanza** y a nuestra asesora **Msc. Ing. Jessenia Montenegro**, quien nos apoyó en este proceso, por su tiempo y sabiduría que transmitieron para el desarrollo de este trabajo monográfico.

Y a todas esas personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

EN MEMORIA

En honor a mi abuela y hermana. Aunque

Ya no estén físicamente conmigo su espíritu

Y amor continúan guiándome en

Cada paso de este camino.

Br. Luis Enrique Mendoza Jiménez

Dedicatoria

Esta monografía se la dedico a primeramente a Dios, por darme sabiduría e inteligencia y saber conducirme hasta la finalización de una de mis metas, además ir con firmeza paso a paso en cada una de ellas, así también a mis padres Humberto Ernesto González López y Juana Isabel Urrutia Martínez que me ayudaron en cada etapa de mi vida gracias a su esfuerzo se pudo cumplir, mis hermanos que fueron parte de esto dándome su apoyo cada día.

Amigos y familiares que fueron de apoyo en momentos difíciles y, por último, a nuestro tutor: Dr. Ing. Néstor Lanzas Mejía por la paciencia, y arduo esfuerzo que tiene por la enseñanza hacia los alumnos

Br. Francisco Javier González Urrutia

Resumen Ejecutivo

Para el desarrollo de este tema monográfico se tomaron todas las referencias o estudios técnicos necesarios para la realización del tema monográfico titulado: **“Diseño hidro técnico y geométrico vial del tramo de carretera San Juan de Rio Coco-Las cruces, Quilali longitud de 7.6 km entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia”**

El tramo existente consta de un diseño Hidrotecnico obsoleto y no cumple con las normas establecidas por el país, por esto, el presente trabajo monográfico se plantea un nuevo diseño de las obras hidráulicas, para ello se utilizó la guía metodológica Hidrotecnia vial incorporando la adaptación al cambio climático del Ministerio de Transporte e Infraestructura.

El capítulo 1, se encuentra la introducción, justificación, antecedentes y objetivos, demuestra el fundamento teórico que se utilizará en el desarrollo de los objetivos y el diseño metodológico que conlleva esta investigación.

El Capítulo 2, se enfoca en los principios básicos que se debe manejar para el diseño Hidrotecnico y Geométrico Vial, a su vez destacan los criterios que deben seguir los diseños.

El Capítulo 3, abarca el paso a paso de la investigación actual, el uso correcto de los softwares, los criterios que deben estar presente y los valores que se deben ingresar para que la información obtenida sea la correcta.

El capítulo 4. Es la presentación de los resultados, con los datos iniciales de la carretera, los principios hidrológicos, hidráulicos y diseño Geométrico Vial se realizaron los estudios correspondientes.

ÍNDICE

1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	5
2.1. Morfología de la cuenca	5
2.2. Parámetros morfológicos.....	5
2.3. Parámetros físicos de la cuenca.	5
2.3.1. Parámetros según su forma	6
2.3.2. Parámetros según su relieve.....	7
2.3.3. Parámetro según su drenaje.	8
2.3.3.1. Orden de la corriente	8
2.3.3.2. Tipo y usos de suelos	8
2.3.3.3. Usos de suelos	11
2.4.1. Tiempo de concentración.....	12
2.4.1.1. Curvas IDF.....	12
2.4.1.2. Periodo de retorno.....	13
2.4.1.3. Coeficiente de escorrentía (C).....	14
2.4.1.4. Hietograma de diseño (método de los bloques alternos).	15
2.4.1.5. Cálculo de abstracciones de la precipitación de una tormenta....	16
2.4.2. Método racional.....	16

2.4.3.	Análisis hidrológico en drenajes Mayores	17
2.4.3.1.	Tránsito de avenida (Método de Muskingum).....	17
2.4.6.	Cálculos de los parámetros.....	20
2.4.6.1.	Velocidad del Tránsito (V_t).	20
2.4.6.2.	Longitud del tránsito (L_t).....	20
2.4.6.3.	Tiempo de retardo.	20
2.4.6.4.	Tiempo del hidrograma a transitar	21
2.4.7.	Análisis hidráulico.	21
2.4.7.2.1.	Bombeo de la calzada.....	22
2.4.7.3.	Hombros	22
2.4.7.4.	Cunetas	22
2.4.8.	Análisis Hidráulica en alcantarilla.....	23
2.4.9.	Análisis hidráulico en drenaje mayores.....	24
2.4.10.	Parámetros hidráulicos del diseño de un puente.	25
2.4.11.	Socavación del drenaje mayor.....	29
2.5.	Diseño Geométrico de la carretera.....	30
2.5.1.	Estudio topográfico.	30
2.5.2.	Tipo de terreno.....	30
2.5.3.	Cálculo de la pendiente del terreno.	31
2.5.4.	Estudio de suelo.....	32
	Análisis Granulométrico de los Suelos	32
2.5.5.	Estudio de Tránsito	32
2.5.5.1.	Clasificación funcional de la vía.....	33
2.5.5.2.	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	33
2.5.5.3.	Aforo vehicular.....	33

2.5.6. Diseño geométrico.	37
2.5.7. Criterios de Diseño.	37
2.5.8. Alineamiento vertical	48
CAPITULO 3 METODOLOGIA DE DISEÑO	56
3.1. Diseño Metodológico del tramo en estudio.....	56
3.1.1. Diseño Hidro técnico del tramo en estudio.....	56
3.1.2. Determinación del caudal con Hec HMS.....	57
3.1.3. Cálculo del Hidrograma.....	58
3.1.4. Hidráulica de Alcantarillas con HY8	58
3.1.5. Cajas de concreto reforzado	59
3.1.6. Diseño Geométrico vial del tramo en estudio.....	59
3.1.6.4. Consideraciones para el diseño de alcantarillas.	60
3.1.6.5. Consideraciones para el diseño.....	61
Análisis Hidráulico en puente.....	61
CAPITULO 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	62
4.1. Análisis hidrológico	62
4.1.1. Drenaje menor transversal.....	62
4.1.2. Criterios de Diseño.....	62
4.1.3. Inventario y caracterización del drenaje existente	63
4.1.4. Procesamiento de Datos de Campo	63
4.1.5. Delimitación de cuencas de drenaje y cauces largos.....	64
4.2. Diseño Hidráulico	71
Criterios de Diseño	71
Resultados del análisis hidráulico.	73
4.3. Drenaje Longitudinal	75

Criterios de diseño	75
4.4. Drenaje Mayor	77
Análisis hidráulico	80
Estructura existente.....	80
Puente propuesto.	80
Resultados:	81
4.5. Socavación del drenaje Mayor	84
4.5.1. Socavación por contracción, por las pilas y por los estribos realizado en Hec-Ras	84
4.6. Diseño Geométrico vial	89
4.6.1 Estudio Topográfico.....	90
Establecimiento puntos georreferenciados.....	91
Datos de la carretera	123
Uso de suelos.....	123
Propuesta de secciones típicas	124
Bahías	125
4.6. 4 DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL DEL PROYECTO.....	125
4.6.2. Sobreancho en curvas.....	132
4.6.3. Peralte	136
4.6.4. Bombeo	136
4.6.5. Radio de curvatura	137
4.6.6. Hombros.....	137
Establecimiento de Normas de Diseño.....	138
1.6.10. Alineamiento vertical.	144
4.6.7. SEÑALIZACIÓN VIAL.	147

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	151
CONCLUSIONES.....	151
ANEXOS	156

Índice de figuras

Figura 1 Curva hipsométrica de la cuenca	8
Figura 2. Curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia).....	12
Figura 3. Almacenamiento durante el paso de una avenida.....	17
Figura 4. Sección típica cuneta triangular	23
Figura 5. Secciones transversales en el diseño de puentes.	27
Figura 6. Flujo tipo A.	27
Figura 7. Flujo tipo B1	28
Figura 8. Sobreancho en la curva horizontal.....	41
Figura 9. Elementos de una curva circular.	45
Figura 10. Tipo de curvas verticales.....	50
Figura 11. Elementos de una curva vertical.....	51
Figura 12. Cuadro de configuración para el análisis de la estructura de drenaje.....	58
Figura 13. Mapa de ubicación de cuencas.....	67
Figura 14. Mapa de uso de suelos.....	68
Figura 15 Modelo de cuneta Triangular Tipo I y Trapezoidal Tipo II.....	76
Figura 16 Cuneta tipo “L” zona urbana.....	77
Figura 17. Esquema de la Cuenca hasta el sitio del cruce.....	80
Figura 18. Sección transversal aguas arriba y abajo.....	82
Figura 19. Perfil del puente propuesto.....	83
Figura 20. Vista 3D de puente.....	84
Figura 21. Socavación por contracción.....	86
Figura 22. Socavación por estribos.....	87
Figura 23. Tabla de resultados por socavación por contracción, estribos.....	88
Figura 24 Sección típica propuesta.....	124
Figura 25 Diseño de Bahía Típica.....	125

Figura 26 Dimensiones, radio de giro del T3-S2.....	127
Figura 27 Componentes del Sobreancho en Curvas de Carreteras.....	133
Figura 28. Valores de Diseño para Sobreancho en Curvas de Carreteras (Dos Carriles. Una o Dos Vías).....	135
Figura 29. Ajuste para Diseño de Sobreancho en Curvas de Carreteras (Dos Carriles. Una o Dos Vías).....	135
Figura 30. Bombeo Normal de la Calzada.....	136
Figura 31. Tabla de Peraltes y Bombeos.....	137
Figura 32.. Anchos Mínimos de Hombros y Aceras.....	138
Figura 33. Componentes de una curva circular.....	141

Índice de Tablas

Tabla 1. Períodos de retorno en vías terciarias	13
Tabla 2. Periodo de retorno en carretera Tipo 1	13
Tabla 3. Periodo de retorno en carretera Tipo 2	14
Tabla 4. Coordenadas del punto inicial y final	30
Tabla 5. Tipo de terrenos	32
Tabla 6. Clasificación de carretera	37
Tabla 7. Velocidad de diseño KPH.	39
Tabla 8. Factor de fricción máxima	43
Tabla 9. Controles de diseño para curva vertical en cresta para Distancia de visibilidad de parada.....	53
Tabla 10. Control de Diseño para curva vertical Cóncava o en Columpio.	54
Tabla 11. Ancho de hombros mínimo.....	55
Tabla 12. Ubicación, Estructura y flujo de Drenaje mayor	63
Tabla 13 Coeficientes de Escorrentía según cubierta de suelo y pendiente.	65
Tabla 14. Coeficientes obtenidos de cada punto de cruce	66
Tabla 15. Parámetros de ecuaciones IDF	69
Tabla 16. Tabla de resultados del Análisis Hidrológico.	70
Tabla 17 Resultados del Análisis Hidráulico	74
Tabla 18 Curva CN por cubierta de suelo.....	78
Tabla 19 Resultados del modelo HMS Cuencas Individuales para 50 años.....	79
Tabla 20 Resultados del modelo HMS Cuencas Individuales para 100 años.....	79
Tabla 21 Resultados del análisis del puente propuesto.....	81
Tabla 22. Resultados del análisis dentro del puente	81
Tabla 23. Diámetros de la partícula, D50	85
Tabla 24. Presentación de resultados, circuitos 1	97
Tabla 25. Presentación de resultados, circuito 2	102
Tabla 26. Recolección de datos del aforo realizado.	111
Tabla 27. Resumen de aforo en sitio.	112
Tabla 28. Composición de flujo vehicular en 2024 en el tramo de estudio.	113
Tabla 29. Factores de ajuste de la estación 1802. San Marcos-Masatepe.	114

Tabla 30. Cálculo de tránsito promedio diario anual (TPDA).....	115
Tabla 31. Historial de producto interno Bruto Nicaragua (2006-2022).....	117
Tabla 32. Historial del crecimiento poblacional.....	117
Tabla 33. Historial de crecimiento del TPDA	118
Tabla 34. Historial del crecimiento del TPDA.....	119
Tabla 35. Tabla resultados, tasa de crecimiento final	120
Tabla 36. Periodos de diseño	120
Tabla 37. Factor de distribución por dirección	121
Tabla 38. Factor de distribución por carril.....	122
Tabla 39. Tránsito de diseño 2044.....	122
Tabla 40. Ubicación de Bahías de Bus del Proyecto	125
Tabla 41. Dimensiones del vehículo de diseño.....	128
Tabla 42. Clasificación funcional de la carretera en diseño	129
Tabla 43. Distancia de visibilidad de parada horizontal y pendiente vertical	131
Tabla 44. Normas de Diseño en Zona Rural.....	140
Tabla 45. Controles de diseño curvas verticales en cresta.....	145
Tabla 46. Controles de diseño para curvas en columpio	146

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Índice de Gravelius	6
Ecuación 2. Coeficiente de forma.....	6
Ecuación 3. Coeficiente de Masividad (km).....	7
Ecuación 4: Tiempo de Concentración.....	12
Ecuación 5. Coeficiente de escorrentía	14
Ecuación 6. Caudal de Diseño	15
Ecuación 7. Almacenamiento total	18
Ecuación 8. Velocidad del tránsito.....	20
Ecuación 9. Tiempo de retardo.....	21
Ecuación 10. Pendiente del terreno.	31
Ecuación 11. Tasa de Crecimiento	34
Ecuación 12. Tasa de crecimiento histórico del TPDA	34
Ecuación 13. Tránsito de Diseño.....	35
Ecuación 14. Factor de crecimiento	35
Ecuación 15. Distancia de visibilidad de parada	40
Ecuación 16. Factor fricción	43
Ecuación 17. Tangente de curva	46
Ecuación 18. Radio mínimo.....	46
Ecuación 19. Grado de curvatura.....	47
Ecuación 20. Mediana.....	47
Ecuación 21. Cálculo de la Externa.....	47
Ecuación 22. Longitud de transición.....	48
Ecuación 23. Longitud de la curva vertical	51
Ecuación 24. Cálculo de PCV	52
Ecuación 25. Cálculo de PTV.....	52
Ecuación 26. Cálculo de PCV	52
Ecuación 27. Cálculo de Elevación PTV	52
Ecuación 28. Transito promedio diario diurno	110
Ecuación 29. Tasa de crecimiento.....	116
Ecuación 30. Media geométrica	116

Ecuación 31. Tránsito de diseño	121
Ecuación 32. Distancia de visibilidad de parada.	130
Ecuación 33. Tangente.....	142
Ecuación 34. Radio Mínimo.....	142
Ecuación 35. Grado de curvatura.....	142

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

En Nicaragua desde hace 10 años, se ha venido impulsando el plan de desarrollo humano, cuyo contenido Económico Social tiene como eje una estrategia que apuntala, en principio, a la erradicación de la pobreza elevando los niveles de salud y de educación de la población y la generación de empleo. Así mismo, esta estrategia tiene como meta dinamizar la economía, mantener la estabilidad para atraer la inversión extranjera y con ello la de elevar los niveles de exportación y promoción de las inversiones en el país, todo con el objetivo de mejorar los índices de desarrollo humano.

Para el excelente diseño o evaluación de una obra de drenaje transversal de agua, se requiere realizar estudios hidro técnico. Por eso se propone el estudio hidrológico e hidráulico en el **“Tramo de Carretera San Juan de Rio Coco-Las Cruces, Quilalí”** que consta de 7.6 kilómetros, que radica en una adecuada elaboración del drenaje transversal en alcantarillas, cajas puentes o puentes. Propuestas que serán capaces de evacuar las escorrentías que intervienen en la vía para garantizar su vida útil.

Estas obras están encaminadas a mejorar las comunicaciones nacionales, pero, sobre todo, a fortalecer la infraestructura productiva, beneficiando sobre todo a los micros, pequeños y medianos productores, garantizando de esta manera el acceso a las zonas de producción de leche, carne, turismo, granos básicos, y así ayudar al crecimiento de la actividad económica nacional, el aumento de las exportaciones y la dinamización del turismo. Así mismo, se ha impactado positivamente en la facilitación de los servicios de comunicación vial entre las comunidades, acceso a los servicios de apoyo a la producción agropecuaria y desarrollo turístico.

1.2. Antecedentes

El proyecto se localiza entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia, en la parte norte central de Nicaragua. Entre los municipios de San Juan de Río Coco y Quilali, tiene su inicio en San Juan de Río Coco, propiamente en donde termina el adoquinado urbano (zona 5), siguiendo la ruta hacia la zona 6 y las Cruces. En donde las comunidades beneficiadas a lo largo del tramo son: Patio Grande, Casa de Piedra, La Concha, La Bonanza, Samarcanda, Loma Chata, Los Guindos de San Juan de Río Coco.

En Nicaragua entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia principalmente la Carretera San Juan de Río Coco-Las Cruces, se realizó un estudio entre los años 2011-2012 el cuál determina que esta carretera había sufrido serios daños durante las épocas lluviosas pasadas.

Esta carretera es grava granular con pérdida del material lo que es un problema ya que a finales de febrero de 2012 se le dio mantenimiento por el MTI a través de la COERCO, además que fueron construidas obras de protección como muros de gaviones en taludes inestables, bajantes en alcantarillas y se construyeron cunetas de mampostería en algunos sitios.

La red de drenaje de este camino es muy deficiente, constituido prácticamente de grava granular, observándose un estado de la superficie de rodamiento en malas condiciones, este camino se vuelve intransitable durante la temporada de invierno.

El nivel de deterioro del camino es total, lo cual se refleja en la pérdida de superficie de rodamiento, esto obedece también a la alta pluviosidad que presenta la zona e intensidad de tráfico pesado que circula sobre la estructura del camino y a su vez deformada por la falta de mantenimiento.

1.3. Justificación

La Carretera San Juan de Río Coco-Las Cruces, constituye la principal conexión por vía terrestre, por el que transita gran parte de los vehículos de carga y pasajeros que se transportan desde la parte norte-Central y norte oeste de Nicaragua, (NIC-29, NIC 43.) Corresponde a la NIC-51, (Palacaguina, Telpaneca, San Juan de Río Coco, Las Cruces, Quilali) y es una Troncal Principal. Esta carretera ha sufrido serios daños durante las épocas lluviosas pasadas y durante las lluvias ocurridas en los últimos meses del año 2011-2012.

Esta situación, aunado a la ausencia de un mantenimiento adecuado y a la circulación del tránsito pesado, ha dado como resultado que esta carretera se torne intransitable, causando graves impactos socio-económicos en toda la zona.

La necesidad de realizar un Diseño Geométrico vial e hidro técnico del tramo de carretera San Juan de Río Coco-Las cruces, que permita evitar o disminuir el desbordamiento de las obras de drenaje en los eventos de lluvia, ya que esto radica en el peligro que este puede aumentar debido a la presencia de velocidades de flujo muy altas que puedan ocasionar daños a las estructuras de drenaje ya sean mayores o menores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el Diseño hidro técnico y geométrico vial del “**Tramo de 7.6 km Carretera San Juan de Rio Coco - Las Cruces, Quilali**” ubicado en los departamentos de Madriz y Nueva Segovia.

1.4.2. Objetivos específicos

- Delimitar las cuencas hidrográficas y los sistemas de drenaje que desembocan en los cauces de estudio, con ayuda del software ARC-GIS v.10.3
- Determinar los caudales máximos de escorrentías que se generan por las tormentas de diseño, haciendo uso del software HEC-HMS v. 3.4.
- Realizar los análisis hidráulicos de las obras de drenaje longitudinales y transversales para evaluar su eficiencia, auxiliados del software HEC-RAS v. 4.1.
- Analizar los riesgos de socavación en el puente causado por avenidas extraordinarias.
- Realizar el diseño geométrico vial del tramo de carretera San Juan Rio Coco- Las cruces, Quilali, basado en las normas del Diseño Geométrico Regionales (SIECA 2004 y 2011).

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1. Morfología de la cuenca

“Cuenca hidrográfica: es una depresión en el terreno, rodeada por terrenos más altos, en la cual converge el agua proveniente de precipitaciones o deshielo. Así el agua que alcanza las cuencas hidrográficas desemboca en un mar, río, laguna, océano u otro cuerpo de agua. En pocas palabras, las cuencas hidrográficas constituyen un sistema natural de drenaje del agua y un conjunto de cuencas hidrográficas que desembocan en un mismo lugar se denomina vertiente hidrográfica” (Gamez Morales, W. R. (2009). *Texto básico de Hidrología*, pag 27)

2.2. Parámetros morfológicos

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del Hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas, en particular, las cuencas de igual área, pero de diferente forma, generan Hidrograma diferentes. Parece claro que existe una fuerte componente probabilística en la determinación de una cuenca mediante sus parámetros y las características de la red de drenaje. Por esta razón se han buscado relaciones de similitud geométrica entre las características medias de una cuenca y de su red de canales con esas de otras cuencas.

De este modo se puede suponer que esta interrelación debería suministrar la base para determinar mecanismos cuantitativos con el fin de predecir la respuesta hidrológica a partir de aquellos parámetros físicos que son fáciles de medir.

2.3. Parámetros físicos de la cuenca.

Los principales objetivos de los levantamientos topográficos es la determinación de área, perímetro y longitud de la corriente principal que tienen a conocer la clasificación que se le adjudica a la cuenca.

Área y perímetro de la cuenca: Se define como la proyección horizontal delimitada por el parteaguas, el parte aguas es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor elevación topográfica.

Longitud de la corriente principal: Esta corresponde a la suma total de los “n” tramos del cauce principal considerado, su medida se obtiene directamente de los levantamientos planimétrico (Gamez Morales, W. R. (2009). *Texto básico de Hidrología*, pag 35)

2.3.1. Parámetros según su forma.

Dentro del análisis hidrológico se han puesto muchas formas numéricas para describir las diferentes características de una cuenca hidrográfica a continuación se describen las que tienen mayor relevancia:

Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad: Es la relación del perímetro de cuenca y longitud de la circunferencia de un círculo de área igual de la cuenca.

(Centro Virtual de Convivencia y Ciudadanía. (s.f.). *Capítulo I: Diagnóstico - Morfometría*. Recuperado el 15 de julio de 2024, de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf)

Ecuación 1. Índice de Gravelius

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde: A: Es el área de la cuenca (km^2) y P: Perímetro de la cuenca (km).

Coeficiente de forma: Se define como la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca, la longitud axial se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante de la cuenca.

Ecuación 2. Coeficiente de forma

$$Kf = \frac{A}{l^2}$$

Donde: A: es el área de la cuenca (km^2) y L: Longitud axial de la cuenca (km).

Coeficiente de Masividad (km): Este coeficiente representa la relación entre la elevación media de la cuenca y la superficie de la cuenca.

Ecuación 3. Coeficiente de Masividad (km)

$$Km = \frac{\text{Altura media de la cuenca (m)}}{\text{Area de la cuenca (km}^2\text{)}}$$

2.3.2. Parámetros según su relieve.

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general podemos decir que a mayor relieve o pendiente la generación de esorrentía (esorrentía o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales.) se produce en lapsos de tiempo menores. Los parámetros de relieve principales son: pendiente media del cauce (J), pendiente media de la cuenca (j), curva hipsométrica, histograma de frecuencias altimétricas y altura media (H).

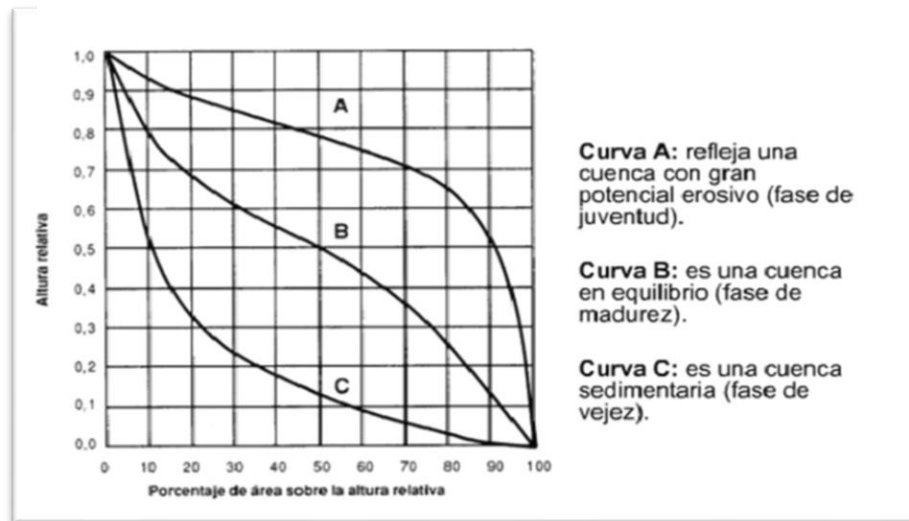
Curva hipsométrica: “Es la representación gráfica del relieve de una cuenca e indica el porcentaje de su área o superficie en km^2 que existe por encima de una cota determinada” (Gamez Morales, W. R. (2009). *Texto básico de Hidrología*, pag 38)

Una curva hipsométrica puede proporcionar datos sobre las características fisiográficas de la cuenca. Por ejemplo, si la curva tiene concavidad hacia arriba indica una cuenca con valles extensos y cumbres escarpadas y lo contrario indicaría valles profundos y sabanas planas.

De la curva hipsométrica se puede extraer una relación importante entre el área sobre la curva hipsométrica y el área por debajo de la curva hipsométrica. De acuerdo a Strahler esta relación es un indicador del equilibrio dinámico de la cuenca. Así, cuando el valor de R_h es aproximado a 1 se tiene una cuenca con equilibrio

morfológico. Para valores diferentes, la interpretación que puede realizarse se muestra en la gráfica 1.

Figura 1 Curva hipsométrica de la cuenca



Ingeciv. (s.f.). *¿Qué es una curva hipsométrica?* Recuperado el 15 de julio de 2024, de <https://ingeciv.com/que-es-una-curva-hipsometrica/>

2.3.3. Parámetro según su drenaje.

2.3.3.1. Orden de la corriente

Es una medida de bifurcación del cauce principal en la cuenca hidrográfica, el sistema de ordenamiento de los ríos es:

Corrientes de primer orden: son pequeños canales que no tienen tributarios.

Corrientes de segundo orden: cuando dos corrientes de primer orden se unen.

Corrientes de tercer orden: cuando dos corrientes de segundo orden se unen.

Corrientes de orden $n+1$: cuando dos corrientes de orden n se unen.

2.3.3.2. Tipo y usos de suelos

Los suelos influyen en el fenómeno de la escorrentía es por ello que se deben de considerar factores importantes como su naturaleza, su estratigrafía y su tipo de

vegetación. Si el suelo es impermeable más rápido se produce escorrentía, sin embargo, no se puede hablar de un suelo 100% impermeable.

Tipo de suelos.

La textura afecta en gran medida el proceso de infiltración en el suelo. Los suelos con un porcentaje elevado de arena suelen ser incapaces de almacenar agua, debido a que tienen velocidades de infiltración rápidas, en cambio los suelos que contienen una proporción mayor de partículas pequeñas, por ejemplo, las arcillas y los limos, son depósitos excelentes de agua, de tal forma este tipo de texturas originan más encharcamientos en las cuencas.

El Dr. Sergio Navarro Hudiel realizó una recopilación a través del mapa a escala 1:1,000,000, el cual fue editado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, en el 2004. acerca de las propiedades de los suelos que se encuentran a nivel nacional, según la clasificación taxonómica donde se describe las texturas que predominan en cada uno de ellos. (Navarro Hudiel, 2012).

- Entisoles: Las texturas tanto superficiales como del subsuelo varían de arenosas a arcillosas, con colores que van desde oscuros a pardos. Las profundidades son de muy superficiales a superficiales (<25-40 cm) en relieves escarpados y sujeto a erosión activa; muy superficiales a profundos (<25 a >90 cm) en las planicies, con un contacto lítico (rocoso) a menos de 50 cm de profundidad, o con un subsuelo de gran espesor que no tiene evidencia de desarrollo y que presenta texturas gruesas, con granulometría variable, con o sin fragmentos gruesos dentro del perfil del suelo o sobre la superficie (INETER, 1er atlas Nacional de suelos, 2021)
- Vertisoles (sonzocuite): Las características del orden de los Vertisoles son: la textura del horizonte superficial varía de franco arcilloso a arcilloso pesado, con colores que gradan de negro a gris oscuro y es de poco espesor, con un subsuelo de textura muy arcillosa (con >60% de contenido de la fracción arcilla, principalmente montmorillonita) y colores gris oscuros; son suelos de muy profundos a moderadamente profundos (60 a >120 cm.), que en épocas secas se contraen y forman grietas anchas y profundas (1 cm. o más de

ancho y hasta 1 m o más de profundidad) y en épocas lluviosas se expanden; generalmente presentan macro relieve de planicie depresiones y micro relieves por la gran cantidad de arcillas (INETER, 1er atlas Nacional de suelos, 2021).

- Inceptisoles: La textura superficial de estos suelos varía de acuerdo a su ubicación: en la región del Pacífico sus texturas son de arena franca hasta arcillosa, con coloraciones de pardo a pardo rojizo y pardo grisáceo; mientras que en la región del Atlántico es generalmente de franco arcilloso a arcilloso, con coloraciones de pardo claro a pardo rojizo y grisáceo (INETER, 1er atlas Nacional de suelos, 2021).
- Molisoles: Las características de estos suelos son: texturas del suelo y subsuelo de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro; son poco profundos a muy profundos (60 a >120 cm), en algunas áreas se encuentra una o varias capas de talpetate de diferentes colores y grados de cementación, a diferentes profundidades, otros poseen piedras en la superficie y gravas en el perfil (INETER, 1er atlas Nacional de suelos, 2021)
- Alfisoles: Las características de estos suelos son: texturas de arcillosos a franco arcillosos y francos arenosos, con colores que varían de pardo grisáceo muy oscuro a pardo rojizo y pardo amarillento, volviéndose a más claro a mayor profundidad; el drenaje interno del suelo varía de pobre a bien drenados, con profundidades que varían de muy profundo a poco profundo (INETER, 1er atlas Nacional de suelos, 2021).
- Ultisoles: Los Ultisoles presentan las siguientes características morfológicas: texturas superficiales franco arcilloso y arcilloso, textura del subsuelo de arcilloso a muy arcilloso; colores pálidos en el suelo superficial, pardo grisáceo oscuro a pardo amarillento claro, en el subsuelo los colores varían de pardo oscuro a pardo rojizo oscuro, en algunos casos los colores en el subsuelo varían producto del Hidromorfismo de gris pardusco claro a gris claro.

- Oxisoles: Tienen un horizonte superficial delgado (ócrico), arcilloso, de color rojo amarillento y con estructura moderada y en el subsuelo presenta un horizonte óxido muy grueso (110 cm), arcilloso, de color rojo amarillento, con estructura moderada a débil, que sobre yace a un horizonte grueso (>60 cm), arcilloso, de color rojo, con veteados pardos a pardo oscuro, sin estructura definida.
- Histosoles: El espesor del horizonte orgánico es muy variable (40–80 cm), de textura franco limoso a franco arcillo limoso, de color negro y sin estructura definida; el horizonte subsuperficial permanece casi siempre saturado con agua, es muy grueso (>150 cm), franco arcillo limoso a arcillo limoso, de color negro, sin estructura.

2.3.3.3. Usos de suelos

El cambio del uso de suelo natural o rural a uso urbano produce importantes transformaciones, como por ejemplo el aumento de la escorrentía superficial. El reemplazo de la vegetación nativa por zonas impermeables disminuye la efectividad de la evapotranspiración e infiltración ocasionando el aumento en los volúmenes de aguas de lluvias, y por ende mayores velocidades de escurrimiento especialmente cuando se producen fuertes precipitaciones de tormentas lo que ocasiona desbordes, inundaciones, erosión, entre otros efectos.

En nuestro país, se está produciendo un rápido crecimiento urbanístico que, al combinarse con la ocurrencia de fuertes precipitaciones invernales, concentradas en pocos días, originan importantes impactos ambientales. Los efectos de una precipitación extrema son de diversa índole, destacando inundaciones en los sectores topográficamente más deprimidos del país, destrucción de viviendas de condiciones estructurales precarias, colapso de red de alcantarillados y red de desagües de aguas de lluvia, entre otros.

2.4. Análisis hidrológico.

2.4.1. Tiempo de concentración.

En otros en parámetros se encuentra el tiempo de concentración que corresponde al tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. (Ven Te Chow, 1994).

Para el caso de cuencas pequeña, se aplica el método del proyecto hidrometeorológico centroamericano.

Ecuación 4: Tiempo de Concentración.

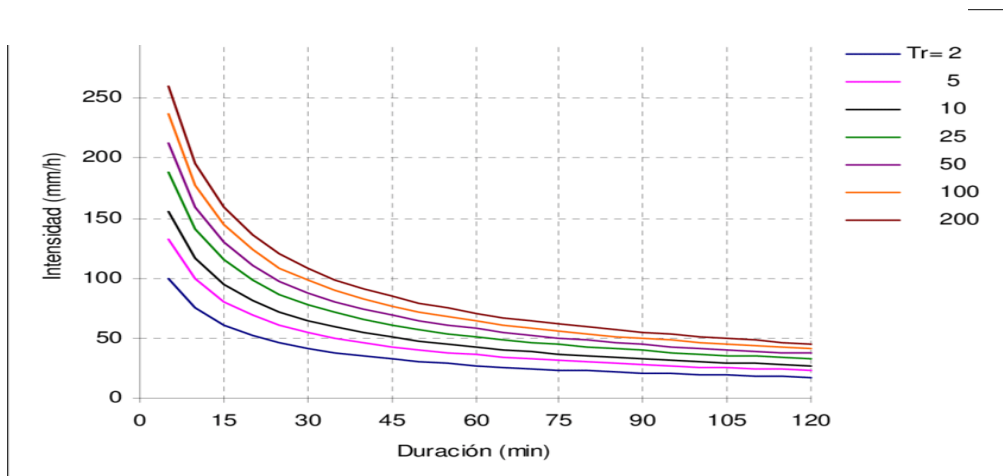
$$T_c = 0.0195 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde: T_c Tiempo de concentración (min), L Longitud de cauce principal (m) y S Pendiente del cauce principal (m/m).

2.4.1.1. Curvas IDF.

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), son curvas que resultan de unir puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración y correspondientes a una misma frecuencia o período de retorno.

Figura 2. Curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia)



Fuente:(S/f). Researchgate.net. Recuperado el 18 de febrero de 2024, de https://www.researchgate.net/figure/Figura-3232-Curvas-IDF-obtenidas-con-relaciones-generalizadas-de-Bell-para-datos_fig5_281451866

2.4.1.2. Período de retorno.

El período de retorno es el tiempo promedio para que un evento o suceso sea igualado o excedido. También es conocido como el intervalo de recurrencia. Este es un parámetro de diseño y puede ser seleccionado en base a la importancia de la estructura y su ubicación.

El período de retorno T es el período de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a $1/T$. Es decir, un caudal de período de retorno de 100 años o $T=100$, tiene una probabilidad de ocurrencia del 1% anual. La elección del período de retorno se hace en base a la importancia de la carretera y de la dimensión de la obra, las siguientes tablas clasifican el grado de importancia de vía y el tipo de estructura.

Tabla 1. Períodos de retorno en vías terciarias

Tipo de Obra	T (Años)
Baden	2
Alcantarillas	15
Cajas cuencas menores	15
Cajas cuencas mayores	25
Vados con tuberías	2
Puentes	25

Fuente: MTI (2017)

Tabla 2. Período de retorno en carretera Tipo 1

Tipo de Obra	T (Años)
Alcantarillas	25
Cajas cuencas menores	25

Cajas cuencas mayores	50
Puentes	100

Fuente: MTI (2017)

Tabla 3. Periodo de retorno en carretera Tipo 2

Tipo de Obra	T (Años)
Alcantarillas	15
Cajas cuencas menores	15
Cajas cuencas mayores	25
Puentes	50

Fuente: MTI (2017)

2.4.1.3. Coeficiente de escorrentía (C).

Se define como la razón entre la cantidad de agua que escurre y la precipitación total que escurre hacia el drenaje, que depende del estado inicial del suelo de la cuenca, ya que un suelo seco absorbe más agua que un suelo saturado. Sin embargo, para estudios hidrológicos se asume un valor normalmente conservador, pero no arbitrario, sino de una observación detallada de la naturaleza de la superficie, del uso del suelo y de la pendiente del terreno.

Para estos datos, es importante su fecha de edición y deben constatarse con la información obtenida en las visitas de campo y de las fotografías aéreas disponibles. Si la cuenca no es homogénea en lo referente al uso y tipo del suelo, este coeficiente debe ser ponderado por unidad de área, o sea:

Ecuación 5. Coeficiente de escorrentía

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A}$$

Donde: C_i : Es el coeficiente de escorrentía de la cuenca homogénea y A_i : área de la cuenca homogénea.

Caudal de diseño (Q). Con todos los parámetros conocidos se estima el caudal de diseño, para cada tramo de cuneta, haciendo uso de la fórmula del Método Racional. La fórmula es la siguiente:

Ecuación 6. Caudal de Diseño

$$Q = 0.2778C * I * A$$

Donde: Q: Caudal en m³/seg, I: Intensidad de lluvia en mm/h, A: área de drenaje de la subcuenca en Km² y C: Coeficiente de escorrentía, adimensional

El análisis hidrológico permite estimar los caudales de diseño, de las obras que constituyen el sistema de drenaje de una carretera, partiendo el análisis de la información hidrológica y meteorológica disponible del área de estudio, La precipitación incluye la lluvia y otros procesos mediante el cual el agua cae a la superficie terrestre.

2.4.1.4. Hietograma de diseño (método de los bloques alternos).

El método del bloque alternativo es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en & intervalos de tiempo sucesivos de duración Δ (sobre una duración total de) = $n\Delta$ (. (Chow V. T., 1994).

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δ (, 2Δ (, 3Δ (, ..., y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δ (. Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida) y que los demás bloques queden en orden descendente

alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño. (Chow V. T., 1994)

2.4.1.5. Cálculo de abstracciones de la precipitación de una tormenta.

El exceso de precipitación, o precipitación efectiva, es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo". (Chow V. T., 1994).

La diferencia entre el hietograma de lluvia total que se observa y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por infiltración con algo de intersección y almacenamiento superficial.

El hietograma de exceso de precipitación puede calcularse a partir del hietograma de precipitación en una o dos formas, dependiendo de si existe o no información de caudales disponible para la tormenta. (Chow V. T., 1994) En caso de no contar con información de medición de caudales en campo, estas abstracciones se pueden determinar a partir de ecuaciones de infiltración o por medio del método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) para las abstracciones.

2.4.2. Método racional.

El método Racional es el más ampliamente usado para el análisis de escorrentía de cuencas pequeñas. Toma en cuenta las siguientes características y procesos hidrológicos: Intensidad de la lluvia, duración de la lluvia, frecuencia de la lluvia, área de la cuenca, abstracciones hidrológicas, concentración y difusión de la escorrentía.

El Método Racional está basado en las siguientes asunciones para la determinación de la descarga pico:

1. La duración de la lluvia es igual a la del tiempo de concentración.
2. El período de retorno, o frecuencia, de la descarga pico calculada, es el mismo como el período de retorno para la tormenta de diseño.
3. El coeficiente de escorrentía no varía durante una lluvia y las características necesarias de la cuenca pueden ser identificadas.

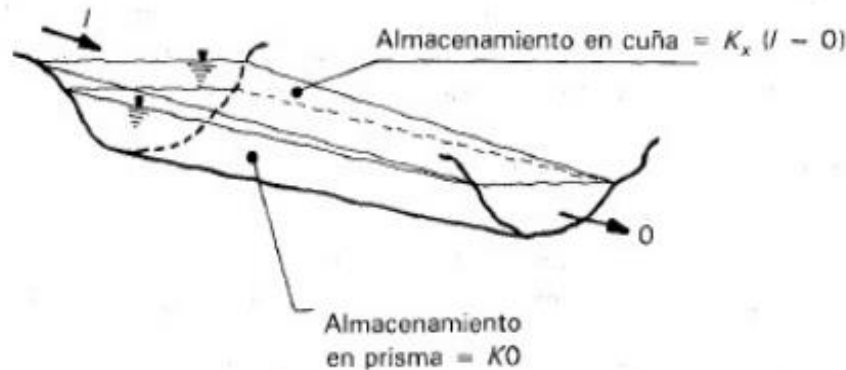
4. La intensidad de la lluvia es constante durante la duración de la lluvia, y es uniforme sobre toda el área de drenaje bajo consideración.
5. La descarga pico calculada en el punto de diseño está en función de la tasa de lluvia promedio durante el tiempo de concentración de ese punto.

2.4.3. Análisis hidrológico en drenajes Mayores

2.4.3.1. Tránsito de avenida (Método de Muskingum).

El tránsito de avenidas es un procedimiento matemático para predecir el cambio en magnitud, velocidad y forma de una onda de flujo en función del tiempo (Hidrograma de Avenida), en uno o más puntos a lo largo de un curso de agua (cauce o canal). Este método se aplica para transitar el Hidrograma obtenido en el punto de control de una subcuenca, hacia el próximo punto de control sobre el cauce principal de la cuenca. El tránsito permite amortiguar los caudales a través del tiempo con el propósito de simular la condición del flujo en el cauce del río.

Figura 3. Almacenamiento durante el paso de una avenida



Fuente: Ven Te Chow, (1994), Hidrología Aplicada, p. 264

Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente en el canal de un río o un cauce mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma. Durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de cuña.

Suponiendo que el área de la sección transversal ($A = \frac{Q}{v}$) del flujo de creciente es directamente proporcional al caudal en la sección, el volumen de almacenamiento por el prisma es igual a KQ , donde K es un coeficiente de proporcionalidad.

Si el volumen de almacenamiento ($V = AL = \frac{Q}{v}L = KQ$; $K = \frac{L}{v}$). El volumen de almacenamiento por cuña es igual a $KX(I - O)$ es un factor de ponderación dentro del rango $0 \leq X \leq 0.5$. El almacenamiento total sería:

Ecuación 7. Almacenamiento total

$$S = KQ + KX(I - O)$$

Donde: I : caudal de entrada., O : caudal de salida, X : parámetro que depende del almacenamiento en cuña y K : tiempo de retardo de la onda de avenida.

Esta ecuación representa un modelo lineal para el tránsito de caudales en corrientes. Los valores de almacenamiento en dos instantes de tiempo:

Un instante antes del tránsito:

$$S = KQ_1 + KX(I_1 - O_1) = K[XI_1 + (1 - X)O_1]$$

y al momento del tránsito que produce almacenamiento:

$$S_2 = KQ_2 + KX(I_2 - O_2) = K[XI_2 + (1 - X)O_2]$$

El cambio de almacenamiento (acuñamiento) durante el intervalo de tiempo (tiempo de tránsito) $t = t_1 - t_0$, sería:

$$S_2 - S_1 = K\{[XI_2 + (1 - X)O_2] - [XI_1 + (1 - X)O_1]\}$$

El cambio en el almacenamiento ($S_2 - S_1$), se expresa de la siguiente manera:

$$S_2 - S_1 = \left[\left(\frac{I_1 + I_2}{2} \right) * t \right] - \left[\left(\frac{O_1 + O_2}{2} \right) * t \right]$$

Donde los términos representan el área del trapecio del caudal de entrada y de salida respectivamente. Los valores I_1 y I_2 caudales del hidrograma de entrada antes y al momento del tránsito, se conocen debido a que han sido especificados

(hidrograma producido del drenaje de la cuenca de una tormenta específica), cuando no se tiene información hidrológica para obtener estos hidrogramas, por su simplicidad se puede obtener a través del hidrograma triangular sintético.

Los valores O_1 y O_2 se conocen en el intervalo del tiempo de tránsito a partir de los cálculos hechos durante el intervalo de tiempo de tránsito. Combinando las ecuaciones anteriores, se tiene la ecuación de tránsito.

$$O_2 = C_0 * I_2 + C_1 * I_1 + C_2 * o_1$$

Donde:

O_2 : Caudal de salida al momento del tránsito.

I_2 : Caudal de entrada al momento del tránsito.

O_1 : Caudal de salida un instante antes del tránsito.

I_1 : Caudal de entrada un instante antes del tránsito.

C_0, C_1, C_2 : Coeficiente de rugosidad del cauce.

Los coeficientes de rugosidad del cauce son:

$$C_0 = -\frac{(KX - 0.5t)}{(K - KX + 0.5t)}$$

$$C_1 = \frac{(KX + 0.5t)}{(K - KX + 0.5t)}$$

$$C_2 = \frac{(K(1 - X) - 0.5t)}{(K - KX + 0.5t)}$$

Si sumamos los coeficientes de rugosidad del cauce se tiene:

$$C_0 + C_1 + C_2 = \frac{(KX - 0.5t) + KX + 0.5t + (K(1 - X) - 0.5t)}{(K - KX + 0.5t)} = 1$$

Si se encuentran disponibles hidrogramas de entrada y de salida observado en una estación para el tramo del cauce en estudio, pueden determinarse los valores de K y X . Para cauces naturales efímeros los valores de X varían entre 0.10 – 0.5.

Suponiendo varios valores de X y utilizando valores conocidos de caudal de entrada y caudal de salida, pueden calcularse valores sucesivos del numerador y denominador para la siguiente expresión para K:

$$K: \frac{0.5\Delta t[(I_{j+1} + I_j) - (Q_{j+1} + Q_j)]}{X(I_{j+1} - I_j) + (1 - X)(Q_{j+1} - Q_j)}$$

Los valores calculados de denominador y de numerador se grafican para cada intervalo de tiempo, con el numerador en la escala vertical y el denominador en la escala horizontal. Esto usualmente produce una gráfica en forma de bucle. El valor de X que produzca el bucle más parecido a una línea única se toma como el valor correcto para ese tramo, y K, de acuerdo con la ecuación anterior, es igual a la pendiente de esa línea. Como K es el tiempo requerido para que la onda de creciente incremental atraviese el tramo, su valor también puede estimarse como el tiempo de tránsito observado del pico de flujo a través del tramo.

2.4.6. Cálculos de los parámetros.

2.4.6.1. Velocidad del Tránsito (V_t).

Ecuación 8. Velocidad del tránsito

$$V_t = \frac{L}{t_c}$$

Donde: V_t es Velocidad de flujo (m/min), L: Longitud total del cauce en la subcuenca (m) y T_c : Tiempo de concentración sub cuenca (min).

2.4.6.2. Longitud del tránsito (L_t).

Es la distancia entre dos puntos de control consecutivos, medidos sobre el cauce.

2.4.6.3. Tiempo de retardo.

Representa el desfase entre el tiempo pico del hidrograma a transitar y el tiempo de pico del hidrograma transitado.

Ecuación 9. Tiempo de retardo

$$K = \frac{L_t}{V_t}$$

Donde: K: es Tiempo de Retardo. (min), L_t es Longitud del tramo del cauce principal a través del cual se hará el tránsito y V_t es Velocidad del tránsito a realizar.

2.4.6.4. Tiempo del hidrograma a transitar

En primera instancia sería la mitad del tiempo pico del Hidrograma a transitar. Si al menos un coeficiente de rugosidad de la ecuación del tránsito es negativo, se debe proponer un tiempo de tránsito que produzca coeficientes de rugosidad del cauce mayores que cero, para lo cual se sugiere la siguiente expresión $2KX < t < t_u$ para obtener coeficientes de rugosidades positivas.

2.4.7. Análisis hidráulico.

El drenaje transversal de la carretera tiene por objetivo evacuar el agua superficial, la cual circula por los cauces naturales en forma permanente o transitoria.

El objetivo del diseño hidráulico de las obras de drenajes es determinar la sección hidráulica más adecuada para el paso libre del flujo que conducen los cauces naturales y reducir daños en las carreteras y a las propiedades adyacentes.

2.4.7.1. Análisis hidráulico en drenaje menores.

El sistema de drenaje es un escudo de protección el cual se debe proveer la estructura de las carreteras contra los efectos erosivos e inundación de las aguas superficiales o subterráneas, para lo cual se propone la construcción de algunos artificios, para la recolección, transporte y descarga segura de las aguas, los que deben ser diseñados técnica y económicamente que justifique la vida útil. El principal objetivo del drenaje, es evacuar en el menor tiempo posible las aguas que se precipitan sobre la plataforma de la carretera o que puedan penetrar lateralmente la estructura vial.

Los estudios de drenaje de carretera se realizan longitudinal y transversal dependiendo de las direcciones de flujo en que se dirigen las aguas, por lo que se debe trabajar vinculada mente con el diseño vial tanto por los niveles de rasante para el desplante de la corona de las estructuras de drenaje, como por cambios de alineación, peraltes de curvas, bombeos, etc.

2.4.7.2. Sistema de drenaje para carretera.

2.4.7.2.1. Bombeo de la calzada.

Generalmente, la sección típica de una carretera la convierte en un parte aguas, ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral geométricamente igual para ambos lados, a lo cual se le llama “bombeo”, con el fin de drenar la superficie de rodamiento, la que puede variar en dependencia del material que se utiliza en el recubrimiento.

Los bombeos utilizados típicamente son los siguientes:

- Para adoquinados se usa 2.00% hasta 2.50%
- Para Asfalto se usa 1.00% hasta 1.50%
- Para Macadam se usa 3.00% hasta 4.00%

En calzadas de dos o más carriles en una dirección y con pendiente longitudinal mínima del 0.50%, se aceptará un bombeo máximo del 6.00 %.

2.4.7.3. Hombros

Justo en la línea donde termina la calzada, se inicia una franja de protección de la carretera conocida como “hombros” en cada lado de la vía, a la que se le debe proveer una pendiente, ya que sobre ella escurren las aguas provenientes del rodamiento. Las pendientes utilizadas varían entre el 3.0% y el 7.0%.

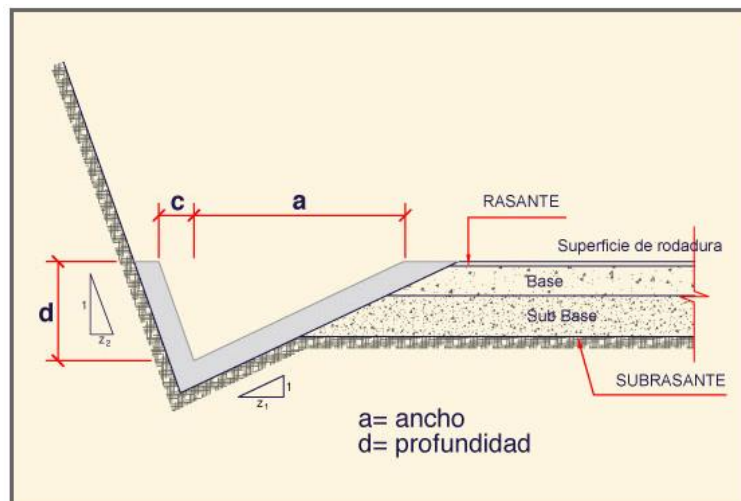
2.4.7.4. Cunetas

Son canales de drenaje generalmente de sección triangular y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a ambos lados de la calzada, incluyendo hombros; para el revestimiento puede usarse: piedra bolón

unida con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefabricado, suelo cemento o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a los cálculos hidrológicos realizados sobre el área de drenaje delimitada, pendiente longitudinal, generalmente paralela a la de la corona de la carretera, intensidad de lluvia de la zona para un tiempo de retorno previamente establecido, con esa información y cálculo se obtendrá el caudal pico de diseño y las dimensiones de la estructura a construir. Ver detalles de dimensiones mínimas indicadas.

Figura 4. Sección típica cuneta triangular



Fuente: Drenaje de carreteras - C, Manual de drenaje de carreteras, Víctor M.

Ponce. (s/f). Sdsu.edu. Recuperado el 16 de enero de 2024, de

https://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_c.html

2.4.8. Análisis Hidráulica en alcantarilla.

El diseño hidráulico de una alcantarilla obedece a las condiciones de funcionamiento en obra; esta puede trabajar parcialmente llena o a presión. Generalmente una alcantarilla se diseña para trabajar parcialmente llena y en casos extremos a presión. Cuando una alcantarilla trabaja a presión su cálculo se reduce a utilizar las

fórmulas para el flujo de agua en tuberías a presión; cuando trabaja parcialmente llena su cálculo se reduce al flujo en canales.

La mayoría de las alcantarillas son instaladas en curso naturales de agua que cruzan la carretera, ya sea a ángulo recto o enviado. La línea central de la alcantarilla puede ser determinada por inspección de los planos o en el campo. Esta localización esta generalmente basada en la línea central del curso de agua existente o la parte más baja de una depresión sino hay curso de agua.

La ubicación más apropiada de una alcantarilla es en el lecho del canal existente, con la línea de eje y la pendiente de la alcantarilla que coincidan con el canal. En la ubicación, se alcanzan el costo mínimo asociado con el movimiento de tierras y la obra del canal y se minimiza la perturbación del flujo de la corriente. Sin embargo, habrá situaciones que se tendrá que seleccionar otras ubicaciones para evitar una alcantarilla demasiado larga. El principio básico que se emplea para la ubicación de la alcantarilla considera que debe evitarse cambios abruptos en la corriente en la entrada y la salida de la alcantarilla.

2.4.9. Análisis hidráulico en drenaje mayores.

La función primordial de un puente es la de dar continuidad a la carretera, salvando, para ello, los obstáculos naturales o artificiales que se encuentren en su trazado. Esta obviedad cobra especial relevancia si el obstáculo a salvar es un cauce fluvial. Hay que considerar que, en el caso de los cursos de agua, su equilibrio dinámico se ve afectado no solo por la interacción del hombre con acciones directas, construcción de presas, extracción de áridos, invasión del cauce, etc., sino también de manera indirecta por los cambios en el balance hidrológico de la cuenca de aportación, fundamentalmente debidos a la variación en los usos del suelo.

Entonces, la respuesta del cauce para recobrar su equilibrio consiste en adquirir una pendiente de equilibrio que le proporcione la energía mínima necesaria para transportar la carga. Este fenómeno natural se consigue mediante la erosión, el transporte y la sedimentación.

Para desarrollar el estudio hidráulico del puente se necesita tener la información del levantamiento topográfico de carretera en estudio, la caracterización del suelo (esto es para la determinación de coeficiente de rugosidad del cauce para determinar la socavación) de igual manera se requiere las curvas intensidad-densidad- frecuencia para la obtención del caudal máximo para el cual sea diseñado los drenajes.

Para la obtención de los parámetros hidráulicos se necesita la modelación hidráulica de HEC-RAS, este es el software que se utiliza para el análisis hidráulico de una cuenca, permite realizar cálculos en el análisis unidimensional del flujo y bidimensionales para el cálculo de flujo no estacionario.

La construcción de un puente implica en ocasiones que se invada parte del cauce con el consecuente estrechamiento de su sección transversal produciéndose cambios en la velocidad del flujo y en la pendiente hidráulica de la corriente en se construye. El estrechamiento produce perdidas de energía que se traduce en una sobreelevación de la superficie del agua hacia aguas arriba de la contracción. A esta sobreelevación se le llama altura de remanso y debe tenerse en cuenta para calcular tanto la longitud como el claro vertical del puente.

2.4.10. Parámetros hidráulicos del diseño de un puente.

La construcción de un puente implica en ocasiones que se invada parte del cauce con el consecuente estrechamiento de su sección transversal produciéndose cambios en la velocidad del flujo y en la pendiente hidráulica de la corriente en se construye. El estrechamiento produce 34 perdidas de energía que se traduce en una sobreelevación de la superficie del agua hacia aguas arriba de la contracción. A esta sobreelevación se le llama altura de remanso y debe tenerse en cuenta para calcular tanto la longitud como el claro vertical del puente

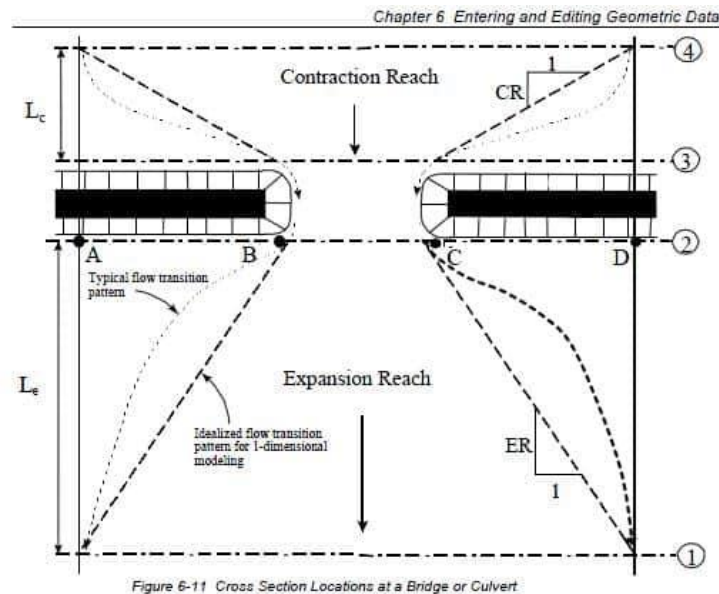
Tipos de flujo en puentes.

Flujos bajos: El siguiente enfoque es puramente teórico pero la mejor aproximación desde el punto de vista hidráulico de lo que ocurre en el sitio del cruce de un cauce o río con un puente cuando el flujo es bajo o libre. Los efectos ocasionados por el estrechamiento de un cauce visto en planta. El flujo se reduce de un ancho B a un

ancho b . La entrada y la salida de la reducción funcionan como una contracción y una expansión, respectivamente. Las zonas A representan los terraplenes de acceso del puente que estrechan el cauce y por lo tanto producen un efecto de remanso aguas arriba. Varias secciones se estudian teóricamente a lo largo de la zona de influencia de un puente, tales como:

- Sección 4-4: Sección aguas arriba hasta donde influye el remanso y posiblemente termina el flujo uniforme en el cauce de aproximación y comienza un flujo gradualmente variado, donde se inicia la contracción del flujo. Es la sección que representa la contracción del flujo; está situada a una distancia L_c .
- Sección 3-3: Sección de ancho mínimo del flujo. El flujo se separa de las fronteras sólidas siendo la contracción del flujo mayor que el ancho de la abertura. Esta sección puede estar separada de la sección aguas arriba del puente de 1m.
- Sección 2-2: Sección con menor profundidad de flujo. Es donde empieza ocurrir el retardo del flujo. Aguas debajo de esta sección se presentan remolinos de agua entre las fronteras sólidas del terraplén y las laderas.
- Sección 1-1: Sección aguas abajo donde se inicia la expansión del flujo con un régimen gradualmente o rápidamente variado retardado y a partir de esta sección se restablecen las condiciones de flujo uniforme.

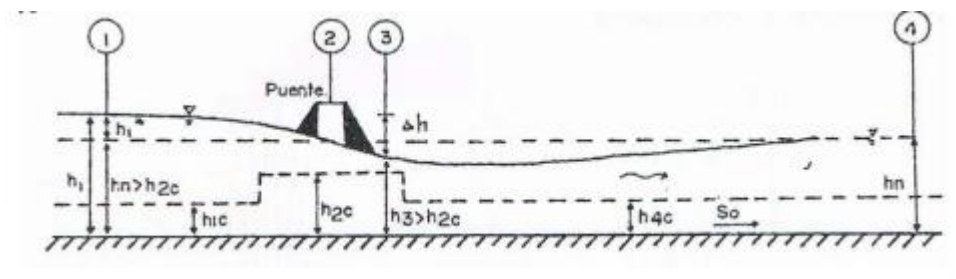
Figura 5. Secciones transversales en el diseño de puentes.



Fuente: Oliveras, J. (2013, febrero 25). Definir correctamente un viaducto en HEC-Ras. HidrojING. <https://www.hidrojing.com/definir-correctamente-un-viaducto/>

Flujo tipo A: Este tipo de flujo se da cuando la superficie del agua a través del puente es completamente subcrítica y por lo tanto los tirantes de agua son siempre mayores que la profundidad crítica. Este es el caso más frecuente en la práctica.

Figura 6. Flujo tipo A.



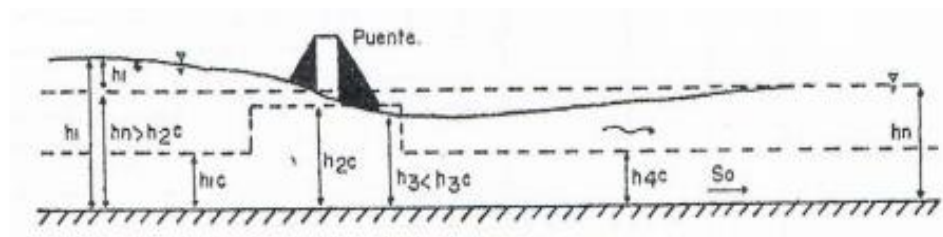
Fuente: Álvarez, M. E. G. (2021). Socavación en puentes: Evaluación, instrumentación y cálculo. Universidad del Cauca.

Flujo tipo B: Existe cuando los perfiles son subcríticos o supercríticos. Para ambos perfiles, el flujo tipo B ocurre cuando los perfiles pasan por la profundidad crítica en la sección contraída del puente. Para un perfil subcrítico, la ecuación de momento

es usado para el cálculo de la superficie de agua aguas arriba, sección (3-3) por encima de la profundidad crítica y una superficie de agua aguas abajo, sección (2-2) por debajo de la profundidad crítica.

Flujo tipo B1: Se caracteriza porque los tirantes de agua fuera de la sección contraída siempre son mayores que el crítico, pasando el flujo por tirante crítico en el estrechamiento. Por lo tanto, la superficie del agua hacia aguas arriba del estrechamiento, y por ende el remanso, se vuelven independiente de las condiciones aguas abajo de la contracción. El tirante en la sección 3-3 es menor que el tirante crítico.

Figura 7. Flujo tipo B1



Fuente: María Elvira Guevara, (2016), Parte IV. Socavación en puentes, p.2.11.

Flujo tipo B2: Este tipo de flujo presenta un pequeño salto hidráulico aguas abajo de la sección 3-3 debido a que el tirante normal del agua hacia aguas abajo es mayor que el tirante crítico a la salida del estrechamiento y a que el tirante en la sección 3-3 es menor que el tirante crítico. El flujo pasa de supercrítico en la sección 3-3 a subcrítico en la sección 4-4.

Flujo tipo C: Este tipo de flujo existe cuando la superficie del agua a través del puente es completamente supercrítica. En este caso, los tirantes de agua siempre son menores que el crítico. Teóricamente, no se presenta remanso para este tipo de flujo. La superficie del agua se altera en la zona adyacente al puente sin extenderse su efecto más allá. El flujo supercrítico no es común en la práctica, aunque puede ocurrir en cauces de montaña.

Flujos altos: Se considera que el puente está sometido a flujos alto cuando se presenta flujo a presión o en vertedero, situaciones que deben ser evitadas en el

diseño. Esto sucede, cuando la elevación del nivel del calado, aguas arriba del puente es más alta que el punto más alto de la cuerda inferior del lado de aguas arriba de puente. Para calcular las elevaciones de la superficie del agua durante los flujos altos son: Balance de energía o Flujo a presión y/o vertedero. Estando seleccionado por defecto el de energía.

2.4.11. Socavación del drenaje mayor.

Socavación: Se debe de realizar un estudio de socavación, que incluya tanto la socavación localizada en los estribos, pilas o en cualquier otra obstrucción del flujo en el cruce de un puente carretero; como la socavación generalizada o de contracción en el cauce. Es muy importante conocer la profundidad de socavación en los estribos y pilas de un puente carretero, además de los datos proporcionados por el estudio de mecánica de suelos, para de manera integral realizar el diseño estructural de las fundaciones de los estribos y pilas de dicho puente carretero.

El método de cálculo de la socavación debe ser por aproximaciones sucesivas, afinando gradualmente hasta llegar a una versión analizada en todos los aspectos relevantes. Al calcular la socavación se debe analizar la dinámica del cauce, mirar sus posibles cambios y definir la situación más crítica posible.

La socavación en puentes es un fenómeno muy complejo que envuelve las propiedades de los suelos, del flujo y la presencia de obstáculos que requieren de esfuerzos sinérgicos. Este fenómeno se da por la interferencia de algún cuerpo o deformación geométrica en el cauce de algún líquido, en este caso el agua. En el caso de puentes la socavación es un fenómeno para tomar en cuenta, principalmente para el diseño de las cimentaciones ya que estas entran en contacto con el caudal. El principal efecto de la socavación es el desgaste de la estructura, lavando los materiales que la compone. Otro daño para tomar en cuenta es el desgaste de las zonas donde se cimenta la estructura.

2.5. Diseño Geométrico de la carretera.

2.5.1. Estudio topográfico.

Los trabajos de campo preliminares consisten en la movilización de una brigada de topografía la cual realizó un reconocimiento del terreno y se estableció la ubicación de los controles topográficos

En este estudio se tomó los datos del levantamiento inicial en 2003, por el MTI. Considerando que la pendiente del terreno no varía hasta la actualidad.

Las coordenadas del proyecto:

Son:

Tabla 4. Coordenadas del punto inicial y final

Estación	Coordenada X	Coordenada Y
0+000	590806m E	1497747m N
7+636	594893.946	1502898m N

2.5.2. Tipo de terreno

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:

- 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 o grandes gastos de construcción.
- 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 provocan restricciones en los alineamientos horizontal y vertical.

- 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.

La topografía del terreno es montañosa, en la mayoría del terreno, por lo cual la condición más desfavorable es a usar.

2.5.3. Cálculo de la pendiente del terreno.

Se denomina perfil, a la línea determinada por la intersección del terreno con un plano vertical. En el trazado de un camino, una tubería, canal, etc., se requieren las elevaciones en cada estación completa, en los vértices (que son los puntos que marcan los cambios de dirección), en los puntos que cambia la inclinación del terreno (cambio de pendiente), esto producen un perfil que es una sección vertical del terreno a lo largo de una línea fija (Gámez Morales, William R. Texto básico formativo de Topografía General, Managua, 2015. Pág.149

Partiendo del alineamiento creado a partir de los puntos LC se precederá a cada 100 metros extraer las elevaciones y coordenadas en la línea central desde la estación 0+000 hasta la estación 7+636

Ecuación 10. Pendiente del terreno.

$$M = \frac{\text{Elevación}_{final} - \text{Elevación}_{Inicial}}{DH} * 100\%$$

Donde: M es la pendiente del terreno y DH: Distancia horizontal.

Clasificación del terreno.

Una vez conociendo la pendiente en el terreno podemos concluir siguiendo lo estipulado en la norma centroamericana (SIECA 2011) que la topografía del terreno es plana, para efectos de un diseño conservador se tomará en cuenta la condición más desfavorable, sin embargo, para el resto de los elementos se considera un tipo de terreno plano según la topografía del terreno natural.

Tabla 5. Tipo de terrenos

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. Cap. 3, pág. 116.

2.5.4. Estudio de suelo.

La ingeniería geotécnica es la rama de la ingeniería civil que usa métodos científicos para determinar, evaluar y aplicar las relaciones entre el entorno geológico y las obras de ingeniería. Comprende la evaluación, diseño y construcción utilizando materiales derivados de la tierra donde se realizan varias investigaciones correspondientes para conocer las propiedades físicas y mecánicas que existen en los suelos, estos cuya exploración son caminos, bancos de material de préstamo no clasificado que estén disponible en el área de construcción, y al ser analizados por el laboratorio de control y calidad, nos permita identificar si es apto o no para los procesos constructivos y diseño de pavimento de dicho proyecto.

El estudio de suelo de este proyecto, es el mismo presentado en por MTI, en el informe de Suelos de Montecristo- Las cruces.

Las muestras obtenidas en los Sondeos realizados se sometieron a los siguientes ensayos de Laboratorio, de acuerdo a las Normas ASTM.

TIPO DE ENSAYE	DESIGNACION
Análisis Granulométrico de los Suelos	D-422

2.5.5. Estudio de Tránsito

El diseño de una carretera, o de cualquiera de sus partes, debe basarse en la información real incluyendo factores relativos al tránsito. El financiamiento, la calidad de las cimentaciones, disponibilidad de materiales, costo del derecho de vía y otros factores, todos tienen importante conexión con el diseño; por otro lado, los volúmenes de tránsito indican la necesidad de mejorar las características

geométricas del diseño tales como número de carriles, anchos, alineamientos y pendientes. La información de tránsito sirve para establecer las cargas para el diseño geométrico de la carretera, de las cuales el proyectista puede estimar el tránsito que puede esperarse en el futuro. (Pág.48, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 2011)

2.5.5.1. Clasificación funcional de la vía.

El tramo en estudio ya ha sido catalogado por el MTI como: Camino Vecinal y por Sieca 2011 como: Colector Menor Rural

2.5.5.2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

La unidad general de medida del tránsito sobre una carretera es el volumen del tránsito promedio diario anual (TPDA). El TPDA se define como el volumen total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese período de tiempo.

2.5.5.3. Aforo vehicular

Un aforo vehicular es el conteo de vehículos. Esta muestra el volumen de vehículos que pasan en un punto en ambas direcciones en un periodo de tiempo determinado, su objetivo principal es cuantificar el número de vehículos que cruzan esta zona, sección de camino o intersección, o donde se valla a realizar el estudio. (<http://www.amdemexico.com.mx/aforos-vehiculares.php>).

Tasa de crecimiento.

Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito de la vía en estudio se analizarán las siguientes variables: PIB (Producto Interno Bruto), tasa de crecimiento poblacional de la zona y el historial del tránsito en la zona según datos recopilados por el MTI.

Procederemos a calcular la tasa de crecimiento año con año utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 11. Tasa de Crecimiento

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100$$

Donde: Tc es Tasa de crecimiento, Año n es: Año actual y Año n-1 es Año anterior.

Tasa de crecimiento histórico del TPDA.

Esta tasa de crecimiento es de suma importancia y varía dependiendo del tipo de vehículo que transita en la vía a lo largo de la vida útil de esta, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo en estudio u otras vías de naturaleza similar.

Ecuación 12. Tasa de crecimiento histórico del TPDA

$$TCn = \left[\left(\frac{TPDA_n}{TPDA_{n-1}} \right)^{1/n} \right]$$

Donde:

Período de diseño

Es el tiempo durante el cual la estructura que se diseña deberá operar con un nivel de serviciabilidad superior al mínimo sin requerir de acciones de conservación diferente a la del mantenimiento rutinario, basándonos en el Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como camino vecinal o su equivalente como colectora rural, es de 10 a 20 años. El periodo de diseño a utilizar en esta revisión será de 20 años.

Tránsito de diseño

El parámetro más crucial a determinar en el estudio de tránsito elaborado por la revisión será el tránsito de diseño ya que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tráfico actual, así como en los incrementos de tránsito que se espera que se utilicen en la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las

proyecciones de tránsito futuro. El tránsito proyectado se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 13. Tránsito de Diseño

$$TD = T_0 * FC * fc * FD$$

Donde: TD es Tránsito de diseño, T_0 es Tránsito Inicial en el año 0, FC es Factor de Crecimiento, FD es el Factor de Distribución Direccional y fc es Factor Carril.

Este valor no es más que el TPDA inicial a partir del conteo vehicular que se realizó por la revisión en el tramo.

Factor de crecimiento

Este factor de crecimiento está dado en función por el periodo de diseño y la tasa de crecimiento vehicular, el cual puede variar en dependencia del tipo de vehículo. Su ecuación es:

Ecuación 14. Factor de crecimiento

$$FC = 365 * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$$

Donde:

FC es el Factor de Crecimiento, i la Tasa de Crecimiento y n es el Periodo de Diseño.

Factor de distribución direccional (Fd)

Este es un valor que expresa la relación que existe en el tráfico y el sentido de circulación, su valor es generalmente 0.5 para el flujo vehicular en ambas direcciones y 1 si solo se tiene 1 sentido, de los datos obtenidos en el aforo vehicular realizado por la revisión se hizo un análisis sobre el flujo vehicular obtenido con respecto al sentido.

Factor carril (fc)

Un parámetro de diseño importante es conocer el carril de diseño es decir por el que circulan el mayor de numero de ejes equivalentes. El factor carril en esta revisión será de 1 ya que esta es una vía que solo presenta 1 carril único por cada dirección.

Volumen de transito

Un estudio de volumen nos va a definir el número de vehículos que pasa por un punto determinado en un cierto intervalo de tiempo, los datos así obtenidos sirven para:

- Calcular estadísticas de los accidentes.
- Evaluar las condiciones actuales de una carretera.
- Diseños geométricos.
- Estudio de intersecciones.
- Determinar eficiencia en la capacidad.
- Establecer programas de operaciones (dónde se colocarán semáforos, señales, etc.)
- Establecer variaciones horarias diarias y mensuales.
(<http://www.estudiosdetransito.ucv.cl/estvol.htm>)

Factores que se toman en cuenta para la clasificación de Carretera.

Tabla 6. Clasificación de carretera

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: SIECA 2011

2.5.6. Diseño geométrico.

Componentes que influyen en el diseño de carreteras Los factores que influyen en el diseño de una vía se clasifican en externos e internos; los externos están relacionados con la topografía, la geología del terreno, el volumen y las características del tránsito, entre otros. Los internos contemplan las velocidades a considerar en el diseño y los efectos operacionales de la geometría.

2.5.7. Criterios de Diseño.

2.5.7.1. Vehículo de diseño

El vehículo es el medio que utiliza el usuario para circular por la carretera y su fluencia en el proyecto geométrico es decisiva. Debido a las dimensiones tan variables de los vehículos que circulan por la red de carreteras, es necesario examinarlos, agruparlos en clases similares y establecer un vehículo representativo para cada clase para su uso en el diseño geométrico. así, cada vehículo de diseño tiene dimensiones físicas mayores y radios de giro mínimos mayores que la mayoría de los de su clase y al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación, se le brindan al diseñador los controles y elementos, a los que debe ajustar el diseño para facilitar su circulación sin restricciones.

2.5.7.2. Clasificación funcional de la carretera

Esta clasificación reconoce que los caminos y calles individuales no sirven a los viajes en forma independiente. Más bien, la mayoría de los viajes comprenden movimientos a través de las redes de caminos que pueden categorizarse con relación a tales redes en una forma lógica y eficiente. De este modo, la clasificación funcional de caminos y calles es también consistente con la categorización de viajes.

2.5.7.3. Velocidad

La velocidad de los vehículos sobre un camino o carretera depende, además de la capacidad de los conductores y sus vehículos, de cinco condiciones generales: las características físicas de la carretera, la cantidad de interferencias en los lados de la carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o interferencia de otros vehículos y las limitaciones a la velocidad, sean estas establecidas por regulaciones de carácter legales o debidas a dispositivos de control. Aunque cualquiera de ellas puede gobernar la velocidad de viaje, usualmente los efectos de estas condiciones son combinados. (Pág.53, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras2011).

2.5.7.4. Velocidad de operación

La velocidad de operación es la velocidad a la que los conductores son observados operando su vehículo bajo condiciones favorables. El 85 percentil de la distribución de velocidades observadas es la más frecuente medida usada de las velocidades de operación asociadas con una particular localización o característica geométrica. (Pág.54, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras2011).

2.5.7.5. Velocidad de ruedo

La velocidad a la cual un vehículo viaja en un tramo de una carretera es conocida como la velocidad de ruedo. La velocidad de ruedo es la longitud del tramo de la carretera dividida entre el tiempo requerido para que el vehículo recorra ese tramo. La velocidad de ruedo promedio de todos los vehículos es la más apropiada medida de la velocidad para evaluar el nivel de servicio y costos de los usuarios de la carretera.

La velocidad de ruedo promedio es la suma de las distancias recorridas por los vehículos en una sección de la carretera durante un período de tiempo determinado dividido por la suma de sus tiempos de recorrido.

2.5.7.6. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño (también conocida como Velocidad Directriz) es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. 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, debe hacerse un esfuerzo para usar una velocidad de diseño que sea práctica para obtener un deseado grado de seguridad, movilidad y eficiencia bajo las restricciones de la calidad del ambiente e impactos económicos, estéticos y sociales o políticos.

En la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera en particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos:

- a) Distribuciones de las velocidades.
- b) Tendencias de las velocidades.
- c) Tipo de área: rural o urbana.
- d) Condiciones del terreno: Plano, ondulado o montañoso.
- e) Volúmenes de tránsito.
- f) Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias.
- g) Condiciones ambientales.

Tabla 7. Velocidad de diseño KPH.

TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO, KPH				
	80	90	100	110	120
	Pendientes (%)*				
Plano	4	4	3	3	3
Lomerío	5	5	4	4	4
Montañoso	6	6	6	5	---

Fuente: AASTHO, una política sobre el diseño geométrico de carreteras y calles, 2004 pág. 506.

2.5.7.7. Elemento de Diseño

Distancias de visibilidad Una carretera debe diseñarse de manera tal que el conductor cuente siempre con una visibilidad suficiente como para ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. El conductor requiere de un tiempo de percepción y reacción para decidir la maniobra a ejecutar y un tiempo para llevarla a cabo.

2.5.7.8. Distancia de visibilidad de parada

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto delante de su recorrido. Esta distancia se calcula para que un conductor, por debajo del promedio, alcance a detener su vehículo ante el peligro u obstáculo que se le presente. Es la distancia mínima con que debe diseñarse la geometría de una carretera, cualquiera que sea su tipo.

Ecuación 15. Distancia de visibilidad de parada

$$d = 0.278 * Vt + 0.039 * \frac{V^2}{a}$$

Donde: V: Velocidad de diseño, t: Tiempo de reacción (2.5 segundos) y a: Tasa de desaceleración (3.4 m/seg²)

2.5.7.9. Distancia de visibilidad de adelantamiento

Corresponde a la distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra. La visibilidad de adelantamiento se requiere únicamente en carreteras de dos carriles, con tránsito bidireccional. En carreteras con carriles unidireccionales no será necesario considerar el concepto de distancia de visibilidad de adelantamiento, bastando diseñar los elementos para que cuenten con la distancia de visibilidad de parada.

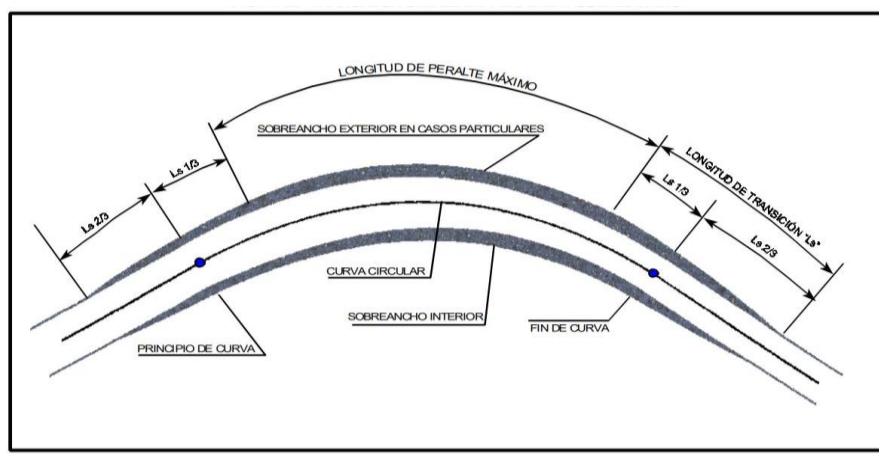
2.5.7.10. Alineamiento horizontal de carreteras

El alineamiento horizontal está constituido por una serie de líneas rectas, definidas por la línea preliminar, enlazados por curvas circulares o curvas de grado de curvatura variable de modo que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa. Los tramos rectos que permanecen luego de emplear las curvas de enlace se denominan también tramos en tangente y pueden llegar a ser nulos, es decir, que una curva de enlace quede completamente unida a la siguiente. (OSPINA, 2002).

2.5.7.11. Sobre ancho

Los sobre anchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinadas con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación. En las carreteras modernas con carriles de 3.6 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobreanchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía.

Figura 8. Sobreancho en la curva horizontal



Fuente: Transición simple de peralte y sobre ancho normas de diseño geométrico 2011.

Para establecer el sobre ancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) En curvas circulares sin transición, el sobreancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- b) Cuando existen curvas de transición, el sobreancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada. (Pag.4-45, NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES).

2.5.7.12. Sobrelevación o peralte máximo

Las tasas máximas de peralte utilizables en las carreteras están controladas por varios factores: condiciones climáticas (frecuencia y cantidad de nieve y hielo); condiciones del terreno (plano o montañoso); tipo de zona (rural o urbana) y frecuencia de vehículos que viajan lento y cuya operación puede ser afectada por tasas altas de peralte. Por la consideración conjunta de estos factores se concluye que no hay ninguna tasa única de peralte máxima universalmente aplicable y que debe usarse un rango de valores.

Las tasas de peralte son aplicadas sobre el rango de curvatura para cada velocidad de diseño y se calculan para su aplicación en el diseño de las carreteras. Para cada una de ellas se determina la máxima curvatura y la tasa de peralte correspondiente para curvas más suaves. Se consideran aquí las siguientes tasas: (1) tasa máxima de 0.10 en áreas rurales montañosas, siempre que no exista nieve o hielo, también 0.12 puede utilizarse en algunos casos. (2) generalmente, 0.08 es reconocido como valor máximo razonable (3) 0.06 en área suburbana y (4) 0.04 en áreas urbanas. Para este diseño de carretera se opta por un peralte máximo para condiciones planas del 8% (Peralte máximo de diseño.), el cual está regido por la topografía del terreno con pendientes menor al 5%.

2.5.7.13. Factor de fricción

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo, estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo, mientras que la sobreelevación o peralte depende las condiciones climáticas, tipo de área, urbana o rural, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno. Este puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 16. Factor fricción

$$f = \frac{V^2}{127R} - 0.01E$$

Donde: F es Factor de fricción, V es Velocidad de Diseño, R es Radio mínimo y es el e: peralte máximo.

Tabla 8. Factor de fricción máxima

e (%)	V=20 KPH Radio (m)	V=30 KPH Radio (m)	V=40 KPH Radio (m)	V=50 KPH Radio (m)	V=60 KPH Radio (m)	V=70 KPH Radio (m)
-6.0	11	32	74	151	258	429
-5.0	10	31	70	141	236	386
-4.0	10	30	66	131	218	351
-3.0	10	28	63	123	202	322
-2.8	10	28	62	122	200	316
-2.6	10	28	62	120	197	311
-2.4	10	28	61	119	194	306
-2.2	10	27	61	117	192	301
-2.0	10	27	60	116	189	297
-1.5	9	27	59	113	183	286
0.0	9	25	55	104	167	257
1.5	9	24	51	96	153	234
2.0	9	24	50	94	149	227
2.2	8	23	50	93	148	224
2.4	8	23	50	92	146	222
2.6	8	23	49	91	145	219
2.8	8	23	49	90	143	217
3.0	8	23	48	89	142	214
3.2	8	23	48	89	140	212
3.4	8	23	48	88	139	210
3.6	8	22	47	87	138	207
3.8	8	22	47	86	136	205
4.0	8	22	47	86	135	203
4.2	8	22	46	85	134	201
4.4	8	22	46	84	132	199
4.6	8	22	46	83	131	197
4.8	8	22	45	83	130	195
5.0	8	21	45	82	129	193
5.2	8	21	45	81	128	191
5.4	8	21	44	81	127	189
5.6	8	21	44	80	125	187
5.8	8	21	44	79	124	185
6.0	8	21	43	79	123	184

Fuente: Sieca 2011, Pag.89

2.5.7.14. Pendiente transversal o bombeo

La pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles en tangente, debe ser del 2.0 por ciento del centro de la sección hacia fuera. Cuando existan más de dos carriles por sentido, cada carril adicional irá incrementando su pendiente transversal entre 0.5 y 1.0 por ciento. En áreas de intensa precipitación pluvial, la pendiente de los carriles centrales puede incrementarse a 2.5 por ciento, con un medio por ciento incrementado en los carriles contiguos hacia fuera, pero sin superar un 4.0 por ciento. Por lo que el diseñador propone un bombeo del 3% (SIECA, 2011).

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

The diagram illustrates the geometric relationships in a circular curve. Key points and lines include:

- PI**: Intersection of the two tangents.
- O**: Center of the circular arc.
- G**: Center of gravity of the area under the curve.
- PC** and **PT**: Points of tangency on the curve.
- CL**: Line of symmetry (bisectriz).
- CL/2**: Distance from the center of gravity to the line of symmetry.
- Δ**: Angle between the tangents at PI.
- Δ/2**: Angle between the tangent and the line of symmetry at PC and PT.
- L/2**: Length of the curve from the point of tangency to the center of gravity.
- R**: Radius of the circular arc.
- Bisectriz**: Line of symmetry passing through O and G.
- Tangente de entrada** and **Tangente de salida**: The two tangents meeting at PI.

Donde:

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PST: Punto sobre tangente

PSC: Punto sobre curva circular

45

Δ : Ángulo de deflexión de las tangentes (“D” de acuerdo a planos, ya que en los planos el ángulo. representa el ángulo central formado entre las tangentes).

Δ_c : Ángulo central de la curva circular.

R: Radio de la curva, en el gráfico aparece como “Rc”.

2.5.7.16. Tangente de curva

Es la distancia entre el PI y el PC o entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa con la letra “T” y su fórmula de cálculo es:

Ecuación 17. Tangente de curva

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

R: es el radio de curva.

2.5.7.17. 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.

Ecuación 18. Radio mínimo

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

V: Velocidad de diseño en KPH

e: Peralte máximo

f: Factor de fricción.

2.5.7.18. Grado de curvatura

Se define como el ángulo central que comprende entre sus lados un arco escogido como unitario y que usualmente es de 10 m Esta es la definición del grado por el arco se calcula con la ecuación siguiente:

Ecuación 19. Grado de curvatura

$$G = \frac{1145.92}{R}$$

2.5.7.19. Mediana

Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se representa con la letra “M” y su fórmula de cálculo es:

Ecuación 20. Mediana.

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

R: Radio de la curva.

2.5.7.20. Externa.

Es la distancia mínima entre el PI y la curva se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 21. Cálculo de la Externa

$$E = T * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

T: Tangente de la curva

2.5.7.21. Longitud de transición.

El diseño de longitudes de transición, en el alineamiento horizontal, incluye la transición del bombeo normal de una sección transversal en tangente al peralte necesario en curva y las curvas de transición entre tangente y curva circular que se incorporan en el alineamiento horizontal.

La longitud mínima de transición se determina con la Siguiende formula:

Ecuación 22. Longitud de transición

$$L_s = \frac{(Wn)ed}{\Delta} * bw$$

Donde:

Δ : Pendiente máxima relativa equivale a (0.70%)

n: Número de carriles

bw: factor de ajuste con número de carriles rotados (0.07125)

W: Ancho de carril

ed.: peralte de diseño en porcentaje

2.5.8. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical de una carretera está ligado estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- 1) Visibilidad y accidentalidad.
- 2) Composición del tránsito.
- 3) Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo. Idealmente se desea que los vehículos operen en el cambio más alto en el alineamiento vertical.

Perfil y trazado

En la etapa de proyecto es cuando se definen el perfil, el trazado y otras características de la carretera. Habida cuenta de que dichas características influyen, tanto en la producción, como en la transmisión del ruido de la circulación, es evidente que su toma en consideración en la etapa de proyecto será uno de los

métodos más eficaces de reducción del impacto sonoro. (Pag1-8, NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES).

Rasante

Es la elevación del pavimento en el eje o línea central en carreteras bidireccionales; al proyectar sobre un plano vertical sus distintas elevaciones, se obtendrá el desarrollo de la plataforma o corona del camino, el cual estará formado por pendientes, ascendentes o descendentes y curvas verticales que las enlazan. En la sección transversal está representada por un punto. (Pag139, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. (Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, 3a. Edición, 2011))

Tangentes verticales

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

Tipos de pendientes en un perfil de diseño

Pendiente Gobernadora: Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y a configuración del terreno.

Pendiente Máxima: es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Su valor queda determinado por el volumen de tránsito futuro y su composición, por la configuración o tipo de terreno por donde pasará la vía y por la velocidad de diseño.

Pendiente Mínima: La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de sus cuentas.

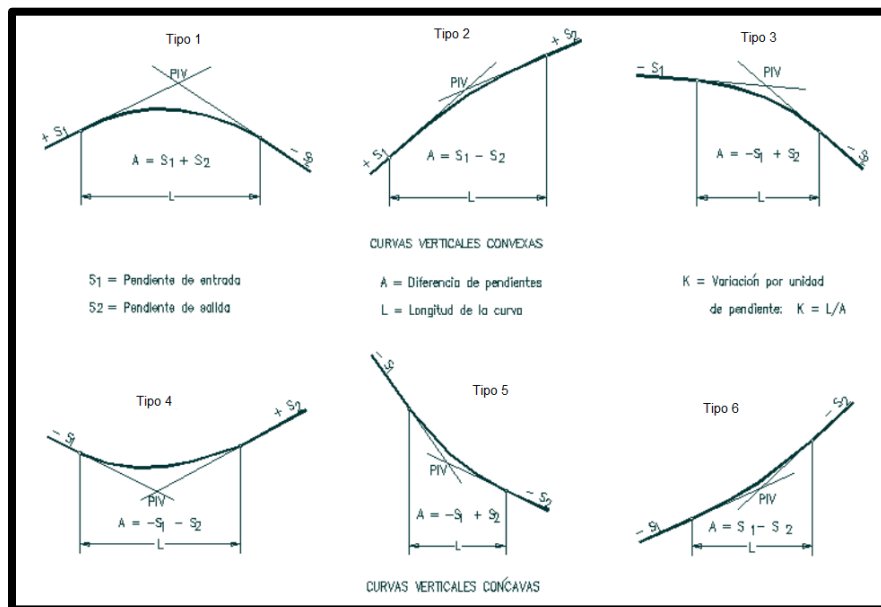
En el manual para diseño geométrico de carreteras regionales están designados valores que corresponde a la pendiente máxima recomendada con respecto a la velocidad de diseño, clasificación funcional de la carretera que en este caso a un colector menor rural con pendiente máxima de 8%.

Curvas verticales

Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable, que sea de apariencia agradable y que permita un drenaje adecuado. Se ha comprobado que la curva que mejor se ajusta a estas condiciones es la parábola de eje vertical.

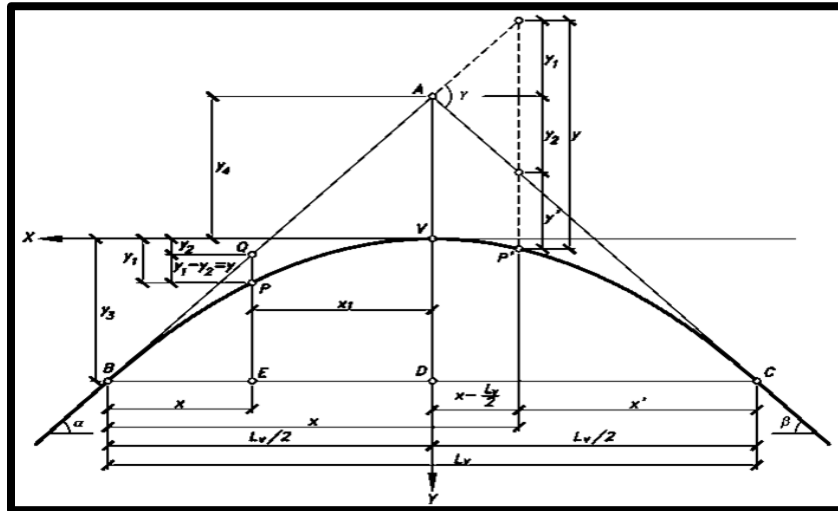
En las figuras siguientes se muestran los diferentes tipos de estas curvas utilizadas en el diseño del alineamiento vertical los valores positivos de i ($i > 0$) representan curvas verticales convexas o en cresta: Casos 1, 2 y 3. Valores negativos de i ($i < 0$) representan curvas verticales cóncavas o en columpio: Casos 4, 5 y 6.

Figura 10. Tipo de curvas verticales



Fuente: Ascencio, J. (2020, septiembre 9). Curvas Verticales (Point I). My Site of Topografia. <https://mysitetopografiaorg.wordpress.com/2020/09/08/curvas-verticales-point-i/>

Figura 11. Elementos de una curva vertical



Fuente: Diseño geométrico de carretera, segunda edición-James Cárdenas
Grisales. Pag 363.

Donde:

A = PIV = Punto de intersección vertical. Es el punto donde se interceptan las dos tangentes verticales.

B = PCV = Principio de curva vertical. Donde empieza la curva.

C = PTV = Principio de tangente vertical. Donde termina la curva.

BC = L_v = Longitud de la curva vertical, medida en proyección horizontal.

Longitud de la curva vertical.

Ecuación 23. Longitud de la curva vertical

$$L_v: K * A$$

Donde:

K: es el factor que establece condiciones óptimas de visibilidad

A: Diferencia algebraica de pendiente (m-n)

Cálculo de PCV

Ecuación 24. Cálculo de PCV

$$PCV: Est. PIV - \frac{Lv}{2}$$

Cálculo de PTV.

Ecuación 25. Cálculo de PTV

$$PTV: Est. PIV + \frac{Lv}{2}$$

Cálculo de Elevación PCV.

Ecuación 26. Cálculo de PCV

$$Elevación PCV: Elv. PIV \pm m\left(\frac{Lv}{2}\right)$$

Cálculo de Elevación PTV

Ecuación 27. Cálculo de Elevación PTV

$$Elevación PTV: Elv. PIV \pm n\left(\frac{Lv}{2}\right)$$

2.5.8.1. Curvas verticales en cresta

El valor de K o longitud de curva vertical, es una expresión de control de diseño que cubre todas las combinaciones de A y L para cualquier velocidad directriz y facilita la selección de curvas de diseño ya que la longitud mínima de la curva en metros es igual a K veces la diferencia algebraica de las pendientes en porcentaje. A continuación, se muestran los valores de K calculados para longitudes de curvas verticales en cresta correspondientes a las distancias visuales y de rebase previstas. Para cada velocidad directriz este único valor K es un número entero positivo indicativo de la curvatura en vertical.

Tabla 9. Controles de diseño para curva vertical en cresta para Distancia de visibilidad de parada.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Longitud de Curva Vertical K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52.0	52
110	220	73.6	74
120	250	95.0	95

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de carreteras, 3ra edición, 2011. Pag 125.

2.5.8.2. Curvas verticales en columpio

No existe un criterio único respecto de la longitud para el diseño de esta clase de curvas. Existen cuatro criterios diferentes con el fin de establecerla:

- Distancia de visibilidad nocturna, que es el que más se tiene en cuenta.
- Comodidad para conducir y para los usuarios.

c) Control de drenaje.

d) Apariencia de la vía.

El primer criterio es el que prevalece, generalmente; los otros se consideran secundarios, pero deben tenerse en cuenta, y no sólo en estas curvas sino también en las convexas.

la diferencia de longitudes de curva que se obtienen aplicando los criterios mencionados, se recomienda diseñar curvas verticales en columpio utilizando el primer criterio descrito, dando especial consideración al drenaje cuando K es mayor de 23 metros. de igual manera en que fueron calculados los valores de diseño de las curvas en cresta, también es conveniente expresar los controles de diseño de las curvas en columpio en términos de K para los valores de A.

Tabla 10. Control de Diseño para curva vertical Cóncava o en Columpio.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Clase 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: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de carreteras, 3ra edición, 2011. Pag 127

- **Ancho de carril y ancho de hombros.**

Es el ancho de la superficie sobre la cual circula un cierto tránsito vehicular, permitiendo el desplazamiento cómodo y seguro del mismo.

Se considera que el ancho de carril de 3.60 m es el deseable en las carreteras rurales y urbanas sugerida por el SIECA 2011, porque una carretera de dos carriles con 7.20 m de ancho de calzada que ofrece las condiciones óptimas para la circulación.

Los hombros deben proporcionar un mejor soporte a la calzada y redondeados en el borde exterior, el borde para esta carretera será de 1.30 metros según su clasificación funcional, cumpliendo con el mínimo del ancho recomendado por el manual de diseño de carreteras SIECA 2011.

Tabla 11. Ancho de hombros mínimo

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, 3ra edición, 2011. Pag 142

CAPITULO 3 METODOLOGIA DE DISEÑO

3.1. Diseño Metodológico del tramo en estudio

3.1.1. Diseño Hidro técnico del tramo en estudio

Para la realización de esta investigación monográfica, primeramente, surge la necesidad de la recopilación bibliográfica de documentos anteriormente elaborados por diversos autores, sean propiamente dirigidos a la cuenca de interés o bibliografía en donde se aborden aspectos similares a los que se afrontaran en esta investigación monográfica. Las fuentes oficiales que se cuentan para llevar a cabo esta investigación son el MTI e INETER.

- Realización del estudio Hidrológico.

En este punto comprende la delimitación de la cuenca y los cálculos de los parámetros hidrológico por lo que se selecciona la siguiente información:

1. Exploración y organización de la información.
2. Creación carpeta general de proyecto.
3. Selección del tramo de carretera con ayuda de GOOGLE EARTH
4. Obtención del Modelo Digital de Elevaciones: Los Modelos de Elevación Digital o DEM por sus siglas en inglés (Digital Elevation Model) serán indispensables para trabajar el ArcGIS debido a que son los datos de la topografía del lugar de estudio.
5. Descarga de croquis del mapa de Nicaragua: Se utilizará la página GADM para obtener mapas en tipo shapefile de Nicaragua.
6. Interfaz de arcgis y gestión de archivos.
7. Delimitación de la cuenca, extracción del dem: Una vez creado este raster, se puede observar que se crean unas líneas de drenaje, se puede cambiar su simbología para que en vez que aparezca una grilla de colores, estos sean clasificados en rangos. En la siguiente imagen se muestra el proceso, consiste en darle clic derecho al raster, abrir sus propiedades de capa, seleccionar simbología y en el apartado de clasificado
8. Creación de puntos de cierre del drenaje transversal

9. Delimitación de todas las cuencas: En su configuración se colocará el raster de acumulación de flujo, en los puntos se colocará la de los puntos en formato raster y se verificará la ruta de guardado y el nombre de este proceso.
10. Creación del río más largo de las cuencas: Para la creación del río principal de la cuenca se usarán las herramientas de la extensión de “Arc-hydro tools”.
11. Exportar una cuenca individual: Debido a que el shapefile de cuencas las tiene a todas, pero condensadas en el mismo archivo, se deben seleccionar las que son de drenaje mayor, o sea, las que tienen un área mayor a cinco kilómetros cuadrados.
12. Obtención y cálculo de parámetros morfológicos: Área, perímetro, pendiente del río principal.
13. Obtención de parámetros mediante IDRISIS.
 - **Estimación de los parámetros físicos de la cuenca.**

Las características morfométricas corresponden a la aplicación de procedimientos que a través del estudio de la morfología y geomorfología caracterizan de manera cuantitativa los rasgos propios de la superficie terrestre en valores numéricos los cuales permiten comparar en forma exacta una parte de la superficie terrestre con otra.

3.1.2. Determinación del caudal con Hec HMS

1. Cálculo del caudal máximo por Hietograma.

Se deben hacer tres hietogramas para TR25, TR50 Y TR100, se realiza la simulación en Hec HMS, se crean varios perfiles para la simulación de varios perfiles, en el apartado Results se le presentaran el grafico y análisis para cada elemento, para el caudal pico y ver los resultados Existe: Graph, Summary Table y Time-Series Table. El Graph es el hidrograma resultante, las otras dos líneas corresponden a la cuenca y al tránsito. El Summary Table permite ver numéricamente el caudal pico del hidrograma. Y el Time-Series Table es el ploteo del hidrograma, este tiene 24 horas de simulación y está a cada hora los resultados, así como se estableció en el componente de Control Specification.

3.1.3. Cálculo del Hidrograma.

Un polígono de Thiessen, es una técnica utilizada en hidrología para dividir un área en regiones o cuencas de drenaje utilizando puntos de observación o estaciones hidrológicas como referencia.

Para crear los polígonos de Thiessen se debe colocar capas de los puntos de estaciones y crear el shapefile, Como resultado, se observa el área de influencia de cada estación en la zona de estudio. También se deben tener las coordenadas XY en UTM para las estaciones.

Cada cuenca en el HEC HMS se le debe colocar un pluviómetro con el hietograma de la estación correspondiente, esto se debe hacer para cada periodo de retorno del estudio que se haga de 25, 50 y 100 años.

3.1.4. Hidráulica de Alcantarillas con HY8

Para realizar el análisis hidráulico de una alcantarilla necesitaremos datos importantes que el programa utilizara para hacer los diferentes cálculos. Se mostrará una ilustración la cual detalla todos los aspectos para llenar.

Figura 12. Cuadro de configuración para el análisis de la estructura de drenaje.

The image shows two side-by-side windows from the HEC-HY8 software. The left window is titled 'Crossing Data - Crossing 1' and contains a 'Crossing Properties' section. The right window is titled 'Culvert Properties' and contains a 'Culvert Properties' section. Both sections have a table of parameters to be configured.

Crossing Properties

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.000	cms
Maximum Flow	0.000	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	0.000	m
Channel Slope	0.0000	m/m
Manning's n (channel)	0.000	
Channel Invert Elevation	0.000	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	0.000	m
Crest Elevation	0.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	0.000	m

Culvert Properties

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Culvert 1	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	0.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	0.000	m
Outlet Elevation	0.000	m
Number of Barrels	1	

Fuente: GUIA DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA,
PRACTICA 7, DR. NESTOR JAVIER LANZA, UNI. 2022

Se necesitará datos para la descarga para esto se necesita analizar con el método más óptimo que nos brinda el programa que es "*Minimum, Design, and Máximum*" que hace alusión a los caudales mínimo, diseño y máximo que puede producir la cuenca para tres periodos de retorno diferentes, por lo general se evalúa en periodos de 25, 50 y 100 años

Para los datos de salida para estos datos definimos s las características que presentara el canal de salida de la estructura, para esto se diseña con un canal rectangular o trapezoidal, y en situaciones en donde lo permita la topografía con sección irregular.

Datos del camino, esta sección se encarga de las características de la carretera.

Datos de la estructura del drenaje, se recopila la información básica de la alcantarilla.

Datos del sitio, se recopila la información del terreno.

Para corroborar con un valor es necesario tomar en cuenta la relación H/D que según el MTI especifica que este no puede ser mayor 1.0, ósea $H/D < 1.0$.

3.1.5. Cajas de concreto reforzado

Para la opción de diseñar cajas la única diferencia radica en la parte de las dimensiones de la caja.

3.1.6. Diseño Geométrico vial del tramo en estudio

Previo al inicio, se debe conocer el terreno, curvas de nivel, rasante y eso es a través de:

1. Obtención de tramo de estudio a través de GOOGLE EARTH PRO.
2. Se propone la rasante para iniciar con el proceso de cálculos.

3.1.6.1. Para el estudio de Topográfico.

Los trabajos de campo preliminares consisten en la movilización de una brigada de topografía la cual realizo un reconocimiento del terreno y se estableció la ubicación de los controles topográficos

En este se determina la presencia de terreno en el cual se realizará el diseño geométrico, en este caso es un Terreno Montañoso este se conoce por 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.

Para conocer la pendiente se debe tener en cuenta las elevaciones iniciales y finales, sin embargo, la SIECA 2011 presenta un rango de pendientes.

3.1.6.2. Estudio de suelo.

Para el estudio de suelo es considerado que el tramo de estudio sea tomado del informe Monte Cristo-Las cruces, en el cual las muestras obtenidas a lo largo del 7.6 km fueron:

TIPO DE ENSAYE	DESIGNACION
Análisis Granulométrico de los Suelos	D-422

3.1.6.3. Estudio de transito

En este caso, el estudio de tránsito fue levantados en sitio, así mismo, se comparó con la tasa de crecimiento del PIB y la tasa de crecimiento poblacional.

La clasificación funcional de la vía que es una Colector Menor Rural fue extraída del manual centro americano de diseño de Carretera, SIECA 2011

3.1.6.4. Consideraciones para el diseño de alcantarillas.

- La velocidad máxima para tuberías de concreto deberá estar en el intervalo de 3.0 m/s a 6.0 m/s y su velocidad mínima en alcantarillas será de 0.25 m/s para evitar la sedimentación.
- La carga máxima de diseño a la entrada a la alcantarilla será igual a la dimensión de la alcantarilla más 0.3 $[H_e \geq (D + 0.3 M)]$

- En el caso de alcantarillas multiplex (máximo tres alcantarillas), la separación de ellas será igual a la mitad del diámetro con un máximo de 1.0 m y 0.4 m como mínimo, de lo contrario se deberá diseñar cajas puentes.
- La carga máxima admisible será de 0.3 m menor que el borde exterior del sobre ancho de la plataforma.

3.1.6.5. Consideraciones para el diseño.

Análisis Hidráulico en puente.

El tamaño representativo para el cálculo de la socavación será el D50 de la distribución granulométrica.

- Los métodos para evaluar la socavación serán: para la contracción, a través de la ecuación de Laursen y para los estribos, sería Froehlich.
- El borde libre será de 2.5 m, si hay evidencia de material sólido, de lo contrario se tomara 2 m.
- En la determinación del coeficiente de Manning del cauce natural se aplicará la ecuación de Strickler, Hey y Limerinos
- Situación hidráulica se realizará a través del método del paso estándar y la ecuación de Momento

CAPITULO 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis hidrológico

4.1.1. Drenaje menor transversal

El Drenaje Menor transversal lo constituyen las estructuras con áreas de drenajes de sus cuencas iguales o menores a 500 Has.

Este acápite tiene el propósito de evaluar el comportamiento hidrológico de las cuencas que drenan hacia cada estructura existente o propuesta y determinar los caudales para los cuales deberán diseñarse dichas obras, a fin de que cumplan adecuadamente su cometido.

4.1.2. Criterios de Diseño

En concordancia con lo establecido en los Términos de Referencia para el proyecto, el cálculo de los caudales en los cruces mencionados, se realizó tomando en consideración los siguientes criterios y elementos:

- Definición del coeficiente de escorrentía de acuerdo a la cubierta vegetal y la pendiente.
- Se consideró un T_c mínimo de 5 minutos.
- Incorporar en la medición de las características topográficas de las cuencas, áreas de drenaje, longitud del cauce pendiente de las cuencas obtenidas por medio el modelo digital de elevación (MDE).
- El caudal de diseño corresponde al calculado para un periodo de retorno de 25 años, en el caso que el caudal resultante sea mayor a $30 \text{ m}^3/\text{s}$, el mismo será redimensionado para 50 años periodo de retorno.

Para el cálculo de la intensidad de la lluvia, se deberá considerar la estación meteorológica representativa o más cercana al proyecto, en el caso que existan más de una estación colindante al proyecto.

4.1.3. Inventario y caracterización del drenaje existente

Como paso inicial de esta consultoría, en diciembre de 2022, enero y marzo de 2023, se llevaron a cabo recorridos de campo a lo largo del tramo bajo estudio, para constatar in situ las características de la zona del proyecto, realizar inventario de las estructuras existentes y detectar puntos cuyas condiciones topográficas exigieran la implantación de estructuras adicionales. Para documentar la posición geográfica, estado y características de las estructuras y puntos de cruce se contará con un receptor GPS portátil y cámara fotográfica, los sitios serán identificados y rotulados en el campo.

Tabla 12. Ubicación, Estructura y flujo de Drenaje mayor

Cruce	Este	Norte	Estructura	Flujo
ED-001	590848	1497767.5	1 TCR30"	Der-Izq
ED-002	590955.4	1497803.5	1 TCR30"	Der-Izq
ED-003	591222.5	1497787.4	1 TCR30"	Izq-Der
ED-004	591284.8	1497771.1	1 TCR30"	Der-Izq
ED-005	591494.6	1497707.6	1 TCR30"	Der-Izq
ED-006	591673.7	1497682.2	2 TCR 42"	Der-Izq
ED-007	591948.2	1497635.2	TCR 36"	Izq-Der
ED-008	592066.2	1497664.7	1 TCR 30"	Der-Izq
ED-009	592123.1	1497706.7	1TCR 30"	Der-Izq
ED-010	592185.4	1497726.1	1 TCR 30"	Der-Izq
ED-011	592513.2	1498038	TCR42"	Der-Izq
ED-012	593529.6	1499001.2	1 TCR 30"	Izq-Der
ED-013	593622.9	1498990.2	1 TCR 30"	Izq-Der
ED-014	593746.4	1498996.7	1 TCR 30"	Der-Izq
ED-015	Drenaje Mayor			

4.1.4. Procesamiento de Datos de Campo

➤ **Digitalización de la información levantada en la gira**

Se generó un archivo en Excel, con los datos obtenidos en campo, se separaron, las diferentes estructuras (alcantarillas, cajas y puentes), así

como también los parteaguas y otros puntos de interés, a fin de que sirviera de base para el montaje de la información en ArcGIS y para la elaboración del inventario detallado.

➤ **Ploteo de puntos de cruce en Arcgis.**

Los datos de ubicación de alcantarillas existentes y nuevas propuestas obtenidas en la gira de reconocimiento, fueron procesados, a fin de transformarlos al formato y sistema WGS 84 que se utiliza para su manejo en ArcGIS, y fueron posteriormente ploteados sobre las hojas cartográficas 1: 50,000 a fin de delimitar sus respectivas cuencas de drenaje y principales parámetros físicos: áreas longitudes y desniveles.

➤ **Integración de la información recabada en campo**

Se generaron archivos shapes para las diferentes estructuras de drenaje (alcantarillas cajas y puentes), a los cuales se les integró la información recabada en campo, previamente digitalizada, como condiciones de funcionamiento, tipo de estructura, dirección de flujo etc.

4.1.5. Delimitación de cuencas de drenaje y cauces largos.

Utilizando la herramienta informática ArcGIS 10.3 y con base a la interpretación de la configuración topográfica del terreno presentada en las hojas cartográficas 1:50000, se realizó el trazo preliminar de envoltentes a la carretera, mediante la delimitación de las áreas aledañas que drenan sus aguas hacia la misma; posterior a lo cual dichos trazos fueron divididos para conformar las cuencas individuales de las estructuras de drenaje existentes y nuevas propuestas.

Dado que la escala de las hojas cartográficas y su data de elaboración permiten que en ocasiones se presenten algunas inexactitudes con respecto a la configuración real del terreno, se realizó una definición y ajuste de las cuencas individuales utilizando el Modelo Digital de Elevación el cual posee un mayor grado de precisión, y finalmente se realizó una verificación mediante imágenes satelitales de Google Earth.

También fueron trazados los cauces largos de cada cuenca y se determinaron sus principales parámetros físicos como área, longitud de los cauces más largos y pendientes del terreno. En la figura 13, figura 14 y figura 15 se muestran las imágenes de las cuencas y cauces trazados.

4.1.6. Coeficiente de Escorrentía

El Coeficiente de Escorrentía "C" usado en la Fórmula Racional, se define como la razón entre la cantidad de agua que escurre y la precipitación, y su determinación está en dependencia de las características topográficas del terreno, tipo de suelo y cubierta vegetal.

Tabla 13 Coeficientes de Escorrentía según cubierta de suelo y pendiente.

Pendiente	Arbusto	Bosque Espeso	Bosque Ralo	Cultivo	Urbano
Menor 2	0.35	0.28	0.31	0.33	0.70
Entre 2 y 7	0.40	0.31	0.36	0.39	0.70
Mayor 7	0.47	0.41	0.44	0.46	0.70

Los valores de los coeficientes para cada tipo de cubierta de las cuencas, se determinaron mediante la clasificación de imágenes de satélites para lo cual fue utilizado el modelo ArcGis. El Coeficiente para cada cuenca, se obtuvo mediante la ponderación del coeficiente de escorrentía por el área de su cubierta correspondiente y dividiendo la suma de estos productos entre el área total de la cuenca. En la Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos para los coeficientes de escorrentía de cada punto de cruce y en las figuras 13, figura 14 y figura 15 representan las imágenes de las cuencas y cubiertas de suelo, resultado de la clasificación de imágenes satelitales.

Tabla 14. Coeficientes obtenidos de cada punto de cruce

Cruce	Arbusto	Bosque Espeso	Cultivo	Area Total (Has)	Pendiente	Suma Productos	Coeficiente
ED-001	0.07	0.00	3.63	3.70	0.070	1.704	0.460
ED-002	0.00	0.00	0.75	0.75	0.034	0.294	0.390
ED-003	0.00	0.00	2.37	2.37	0.062	0.923	0.390
ED-004	0.19	0.00	2.01	2.20	0.098	1.014	0.461
ED-005	24.71	5.77	12.27	45.67	0.120	20.907	0.458
ED-006	0.61	0.00	0.91	1.52	0.211	0.704	0.464
ED-007	0.07	0.00	3.63	3.70	0.070	1.704	0.460
ED-008	0.55	0.00	1.32	1.87	0.085	0.866	0.463
ED-009	0.66	0.00	2.37	3.02	0.099	1.398	0.462
ED-010	0.00	0.00	2.62	2.62	0.072	1.204	0.460
ED-011	1.61	0.00	0.05	1.66	0.094	0.778	0.470
ED-012	0.61	0.00	0.91	1.52	0.211	0.704	0.464
ED-013	0.69	0.00	0.00	0.69	0.082	0.326	0.470
ED-014	0.18	0.00	2.01	2.20	0.098	1.014	0.461

Figura 13. Mapa de ubicación de cuencas

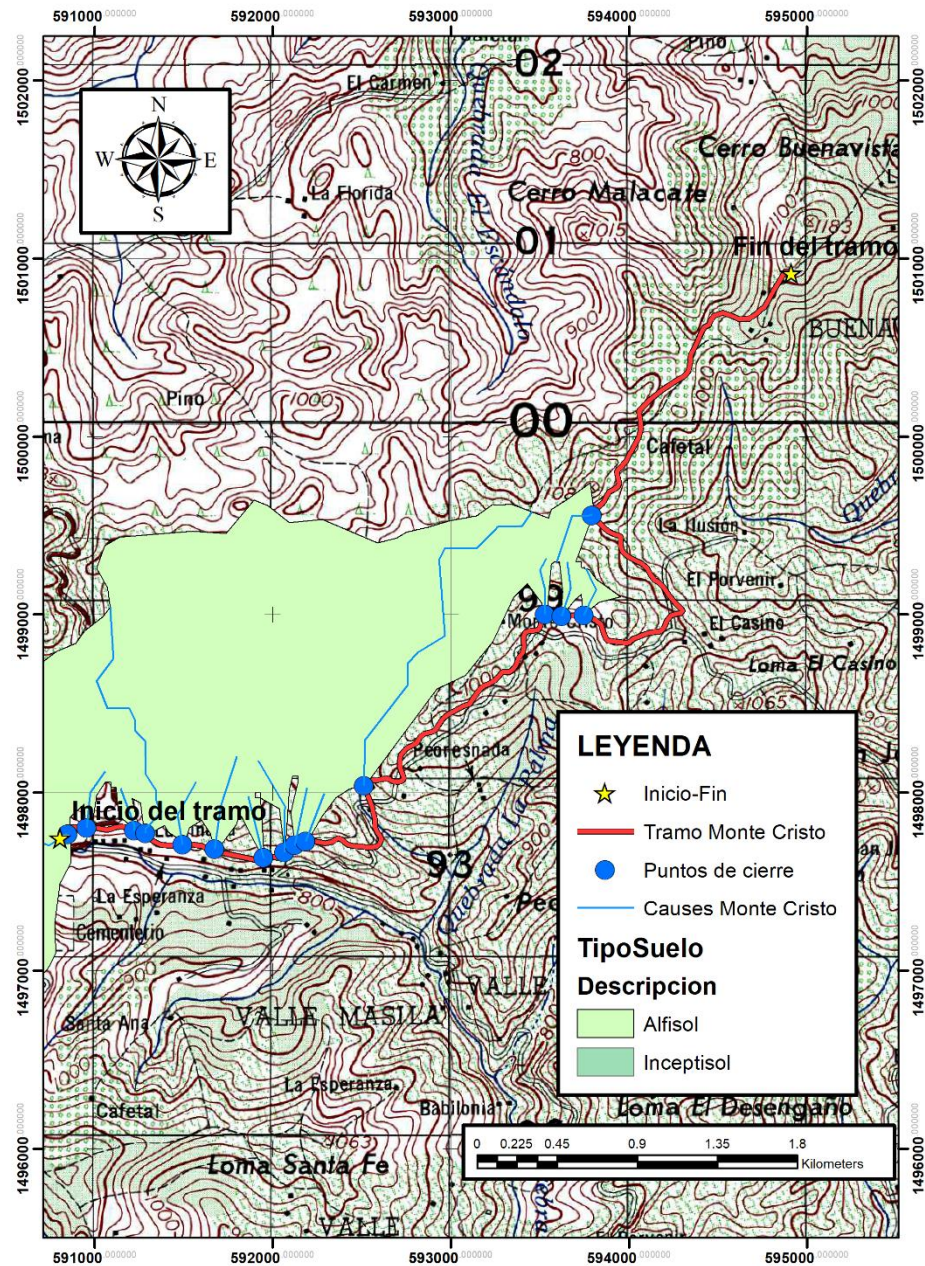
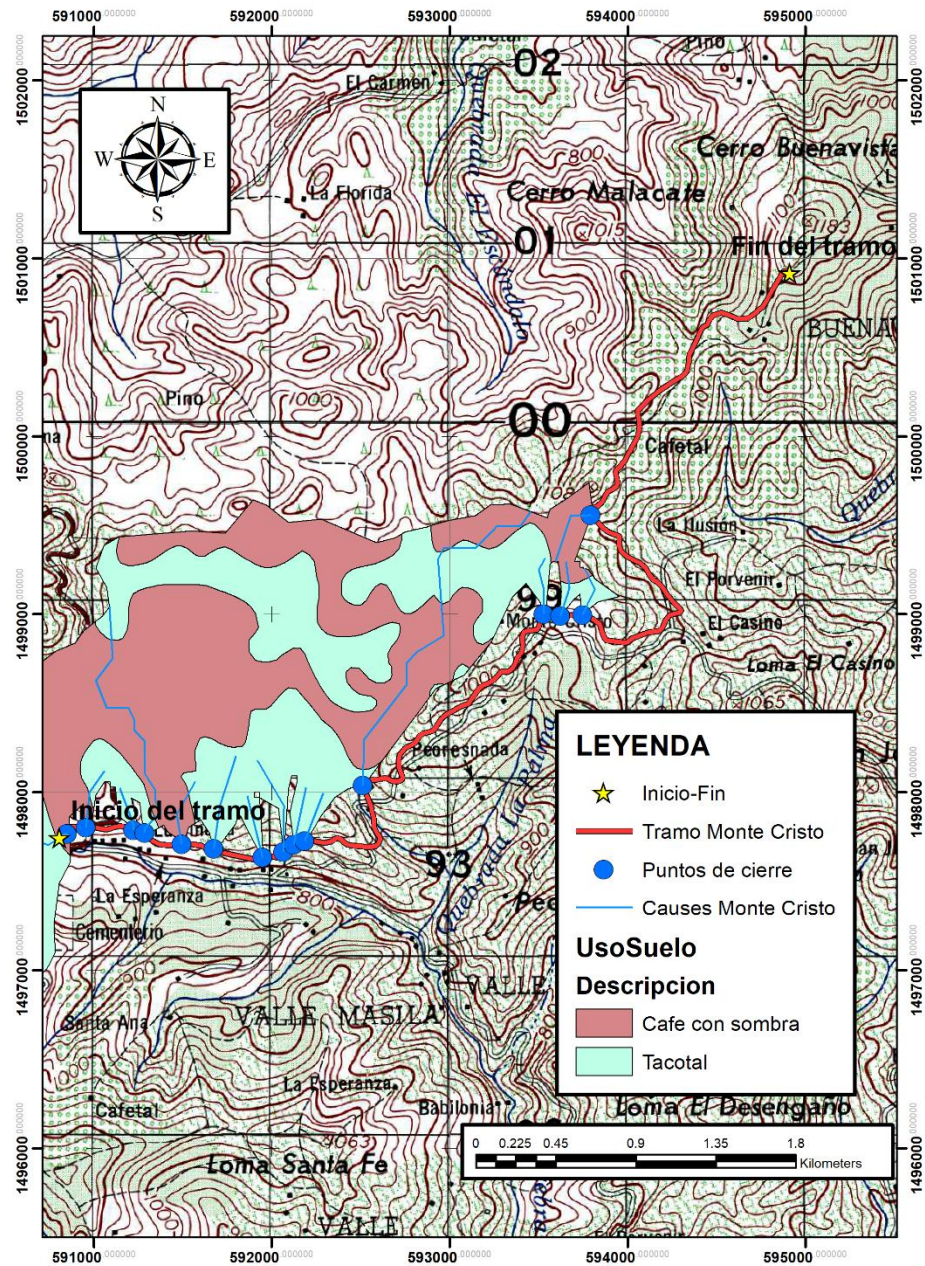


Figura 14. Mapa de uso de suelos



4.1.7. Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración T_c se define como el tiempo que dura el viaje de una gota de agua desde el punto más remoto de la cuenca hasta el sitio en consideración y se determinó, usando la ecuación de Kirpich:

$$T_c = 0.02 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

T_c =Tiempo de Concentración en minutos, L = longitud de cauce más largo en metros, S = pendiente media (m/m).

4.1.8. Intensidad de la Lluvia.

Para el cálculo de este parámetro se utiliza las IDF de las estaciones meteorológicas de Ocotlán para 25 años o 50 años periodo de retorno según corresponda. INETER ajusta las IDF a las ecuaciones de la forma siguiente:

$$I = \frac{A}{(T + D)^b}$$

Siendo:

I , intensidad en mm/hora. A , d y b , coeficientes a determinarse T , duración de la lluvia en minutos.

En la siguiente tabla se presentan los parámetros de dichas estaciones para ambos periodos de retorno.

Tabla 15. Parámetros de ecuaciones IDF

Estación Ocotlán				
$I = A/(t+d)^b$				
T: Años	r	A	d	b
10	-0.981807	479.323591	8	0.56241107
25	-0.9826283	502.602982	4	0.53591476
50	-0.9828418	522.47353	3	0.52074519
100	-0.9828419	543.612438	1	0.50832293

Tabla 16. Tabla de resultados del Análisis Hidrológico.

N° Obra de Drenaje	Coordenadas		Area de drenaje (km2)	Longitud (m)	H-max (m)	H-min (m)	So m/m	CCP Tc (min)	I (mm/h) TR25	I (mm/h) TR50	Qd (m3/s) TR25	Qd (m3/s) TR50	Qdcc (m3/s) TR25	Qdcc (m3/s) TR50
	X	Y												
ED-1	590848.0	1497767.5	0.074	384.416	1084.8	989.0	0.2492	3.2	218.3	262.8	0.32	0.38	0.38	0.49
ED-2	590955.4	1497803.5	0.027	290.601	1077.5	1011.1	0.2288	2.7	228.8	278.7	0.14	0.17	0.17	0.22
ED-3	591222.5	1497787.4	0.027	315.632	1082.9	997.6	0.2700	2.7	227.0	276.0	0.17	0.20	0.20	0.26
ED-4	591284.8	1497771.1	0.027	326.488	1087.7	1000.8	0.2663	2.8	230.2	280.8	0.12	0.15	0.15	0.19
ED-5	591494.6	1497707.6	2.368	2117.738	1028.8	838.4	0.0899	17.9	98.0	109.5	9.25	10.42	11.10	13.54
ED-6	591673.7	1497682.2	0.020	287.297	885.0	808.8	0.2651	2.5	229.7	280.2	0.13	0.15	0.15	0.20
ED-7	591948.2	1497635.2	0.026	328.355	892.0	801.3	0.2764	2.8	227.4	276.6	0.16	0.20	0.20	0.25
ED-8	592066.2	1497664.7	0.052	555.820	921.2	794.3	0.2283	4.5	220.1	265.5	0.30	0.35	0.36	0.46
ED-9	592123.1	1497706.7	0.026	354.800	894.8	795.1	0.2810	2.9	227.6	276.9	0.16	0.19	0.20	0.25
ED-10	592185.4	1497726.1	0.113	537.880	942.0	801.6	0.2610	4.1	207.1	246.5	0.55	0.65	0.66	0.84
ED-11	592513.2	1498038.0	0.042	382.764	878.8	796.3	0.2155	3.4	222.1	268.6	0.26	0.30	0.31	0.39
ED-12	593529.6	1499001.2	0.783	1516.180	960.3	797.5	0.1073	12.9	151.4	172.7	2.82	3.20	3.38	4.16
ED-13	593622.9	1498990.2	0.017	250.070	871.0	800.5	0.2819	2.2	231.2	282.4	0.11	0.13	0.13	0.16
ED-14	593746.4	1498996.7	0.018	343.720	909.7	801.6	0.3143	2.7	233.5	286.0	0.08	0.09	0.09	0.12

4.2. Diseño Hidráulico

Criterios de Diseño

- El diámetro mínimo de alcantarillas nuevas es de 36" a fin de facilitar a su mantenimiento. Las
- Tuberías existentes, en el área por intervenir, que no cumplan con estos diámetros, deberán ser sustituidas.
- La alcantarilla existente de 30" se sustituirá por un diámetro mayor según lo indique el estudio.
- Si la alcantarilla existente está en buen estado y se requiera complementarla con otra de igual diámetro para cumplir hidráulicamente, se conservará.
- Para el dimensionamiento de la estructura de drenaje se deberá cumplir que $H_w / (D \text{ o } H) \leq 1.20$ siendo H_w la altura del agua aguas arriba de la estructura, D diámetro de la alcantarilla y H altura de la caja según corresponda.
- Para alcantarillas nuevas ya sea por sustitución de existentes o porque se requieran, serán diseñadas tuberías individuales es decir de una sola línea, se exceptúan estructuras dobles de 72" u 84" que sustituyan cajas de concreto reforzado.
- Para la definición de obras de drenaje menor transversal, no diseñar alcantarillas múltiples, a cambio proponer cajas de concreto
- Si el caudal en un punto, amerita la instalación de caja, el especialista procurará diseñarla de una sola línea (sencilla), sin embargo, se permitirán hasta cajas dobles. En casos excepcionales y debidamente justificados se permitirá mayor número de celdas.

El modelo utilizado para definir y dimensionar las estructuras del drenaje menor es el modelo "Hy8 versión 7.5, desarrollado por la Federal Highway Administration

de los Estados Unidos, incluye la metodología de Hydraulic Design N°5, Hydraulic Design of Highway Culverts. En archivo electrónico a ser entregado al MTI se incluirá el cálculo de las alcantarillas con este modelo.

El enfoque del modelo asume dos tipos del control del flujo:

Control en la salida: Determina la profundidad de la carga de agua usando métodos convencionales de cálculo hidráulico que consideran pérdidas en la entrada dentro y a la salida de la alcantarilla.

El control de entrada está dado por la relación:

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

Siendo:

HWI, la profundidad de la carga en el control de entrada

D el diámetro interno de la tubería.

Q, caudal;

A, es el área llena de la tubería;

K y M constantes, que dependen del tipo de alcantarilla y la forma de los aletones de entrada

El control de salida viene dado por la relación siguiente:

$$HW_0 + \frac{V_u^2}{2g} = TW + \frac{V_d^2}{2g} + H_L$$

Siendo:

HW0 la profundidad de la carga del agua arriba de la alcantarilla.

Vu es la velocidad de llegada.

TW es la elevación del remanso en la salida.

V es la velocidad de salida.

HL es la suma de las pérdidas.

H_w/D es la relación entre la carga del agua en la entrada de la alcantarilla o caja (H_w) y D es el diámetro de la tubería o altura de la caja según corresponda.

Resultados del análisis hidráulico.

Los resultados del diseño hidráulico del proyecto, se muestran en la tabla 17. El dimensionamiento de las estructuras puede variar por requerimiento del diseño vial o del contratante.

Tabla 17 Resultados del Análisis Hidráulico

Cruce	Este	Norte	Qcambio Clim P50 (m3/s)	Estructura Existente	Flujo	Estructura Propuesta	Acciones a realizar
ED-001	590847.999	1497767.5	0.49	1 TCR30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-002	590955.397	1497803.48	0.22	1 TCR30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-003	591222.459	1497787.41	0.26	1 TCR30"	Izq-Der	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-004	591284.842	1497771.07	0.19	1 TCR30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-005	591494.645	1497707.59	13.54	1 TCR30"	Der-Izq	1-CCR-3x3	Sustituir por 1 CCR-3x3
ED-006	591673.706	1497682.18	0.2	2 TCR 42"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-007	591948.195	1497635.18	0.25	TCR 36"	Izq-Der	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-008	592066.222	1497664.74	0.46	1 TCR 30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-009	592123.064	1497706.71	0.25	1TCR 30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-010	592185.371	1497726.08	0.84	1 TCR 30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-011	592513.162	1498038.02	0.39	1TCR 30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-012	593529.605	1499001.18	4.16	1 TCR42"	Izq-Der	1 CCR- 2.0x2.0	Sustituir por 1 CCR- 2.0x2.0
ED-013	593622.889	1498990.18	0.16	1 TCR 30"	Izq-Der	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-014	593746.447	1498996.73	0.12	1 TCR 30"	Der-Izq	1 TCR 36"	Sustituir por 1 TCR Φ 36"
ED-015	593791.506	1499557.47	Drenaje mayor				

4.3. Drenaje Longitudinal

Está conformado por estructuras longitudinales a la carretera como cunetas, canales y drenajes sub superficial donde las condiciones geológicas y geotécnicas lo requieran. Para poder realizar el drenaje longitudinal tanto de las cunetas como de los subdrenes se necesita tener el diseño final de la vía y las secciones de construcción.

Criterios de diseño

- Para el cálculo del caudal de aporte a las cunetas, se utilizará un período de retorno de 10 años
- En el análisis hidrológico del Drenaje Longitudinal, los caudales que serán transportados por estas estructuras se determinarán mediante la fórmula racional.
- Dependiendo del caudal a manejar, se propondrán estructuras adecuadas las que consisten en cunetas triangulares rectangulares y canales trapezoidales.
- Para el diseño de la cuneta el especialista Hidrotécnico deberá tomar en cuenta la velocidad permisible de los diferentes materiales con que se construyen los canales, evitando que la velocidad de las estructuras sobrepase la velocidad permisible del material.
- En los tramos mayores a **200** m. se revisarán los aportes que recibirán las cunetas tanto de la calzada como de las áreas aledañas a fin de verificar la capacidad de las cuentas propuestas, en el caso de insuficiencia se deberá proponerse la estructura adecuada.

Las aguas a ser evacuadas por estas estructuras son las provenientes de la carretera propiamente dicha y aquellas acumuladas en las orillas provenientes de las áreas de drenaje adyacente. Para el cálculo de los caudales de aportación, con los que se realizará el cálculo hidráulico, se utilizará la fórmula racional ya antes citada, mientras que la determinación de la capacidad y velocidades de las cunetas se realizará mediante la fórmula de Manning.

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

Siendo:

Q, caudal en m³/s.

n, coeficiente de rugosidad de Manning.

Rh, radio hidráulico de la tubería en mts

S, pendiente longitudinal en metro por metro

A, área de la sección transversal de la tubería en m².

Se usarán 3 tipos de cunetas: Triangular Tipo I, Trapezoidal Tipo II para caudales mayores a los que drena, la Tipo I y Tipo “L” para zonas urbanas. De ser necesario evacuar mayores caudales se diseñarán canales longitudinales.

Los modelos de cuneta se muestran en la figura a continuación:

Figura 15 Modelo de cuneta Triangular Tipo I y Trapezoidal Tipo II

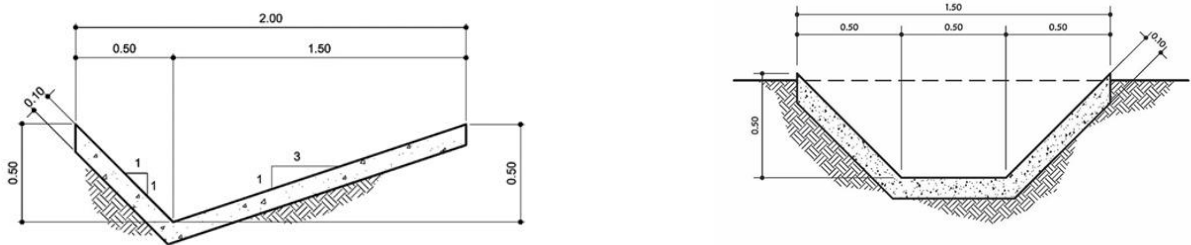
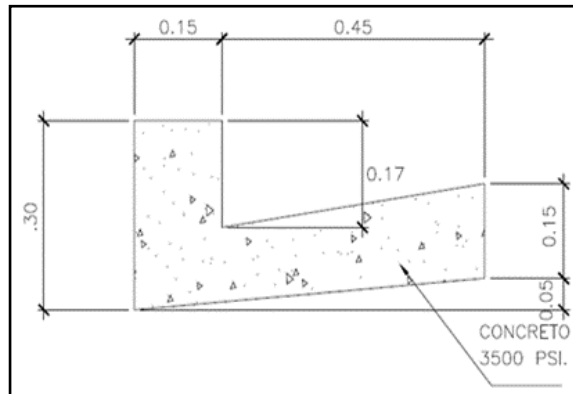


Figura 16 Cuneta tipo “L” zona urbana



En el caso que las cunetas sean insuficientes se propondrán canales longitudinales con las dimensiones según el caudal de diseño.

4.4. Drenaje Mayor

El Drenaje Mayor comprende los puentes y las cajas cuyas cuencas de drenaje superan las 500 has. Los métodos del cálculo difieren al de las cuencas pequeñas, tanto en lo correspondiente a los estudios hidrológicos como a los hidráulicos. Existe, sin embargo, información utilizada indistintamente para el Drenaje Menor y el Drenaje Mayor, como es la información satelital de cubierta de suelo, la información satelital del Modelo Digital

Frecuencia de diseño del aguacero.

Las lluvias de diseño serán para una probabilidad de ocurrencia de 50 años para cajas 100 años, período de retorno para puentes.

INETER ajusta las curvas IDF a ecuaciones, las cuales fueron usadas para los cálculos.

$$I = \frac{A}{(T + d)^b}$$

Siendo:

I, intensidad en mm/hora.

A, d y b, coeficientes a determinarse

T, duración de la lluvia en minutos.

En la siguiente tabla se presentan los parámetros de dichas estaciones para ambos periodos de retorno.

Escorrentía

La lluvia que cae durante un aguacero en parte es absorbida y retenida por el suelo y en la medida que éste se satura, permite la escorrentía en un porcentaje cada vez mayor, y esta es la responsable de formar las corrientes en los cauces.

Cálculo de la Curva CN

Los suelos hidrológicos de estas cuencas serán determinados mediante el mapa Agroecológico publicado por INETER y en conjunto con la cubierta de suelo se definen patrones de CN. En la siguiente tabla se presentan las diferentes cubiertas del suelo y sus correspondientes curvas CN para el suelo Tipo A, Tipo B Tipo C y Tipo D.

Tabla 18 Curva CN por cubierta de suelo

Clase de Suelo	A	B	C	D
Cubierta del suelo				
Arbusto	68	79	86	89
Bosque Ralo	43	65	76	82
Bosque Espeso	36	60	73	79
Cultivo	57	73	82	86
Urbano	59	74	82	86
Impermeable	100	100	100	100

Caudales de diseño

En la figura se presenta el modelo esquemático del HMS para las 5 cuencas, en la Tabla 19 se presentan los resultados por elemento de cada estructura para un periodo de retorno de 50 años y en la

Tabla 20 para 100 años

Tabla 19 Resultados del modelo HMS Cuencas Individuales para 50 años

Summary Results for Sink "Outlet1"

Project: RioCoco Simulation Run: RUN TR50
Sink: Outlet1

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: RioCoco
End of Run: 02ene.2000, 00:00 Meteorologic Model: TCR50
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Simulacion

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 34.0 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene.2000, 06:00
Volume: 108.33 (MM)

Tabla 20 Resultados del modelo HMS Cuencas Individuales para 100 años

Summary Results for Sink "Outlet1"

Project: RioCoco Simulation Run: RUN TR100
Sink: Outlet1

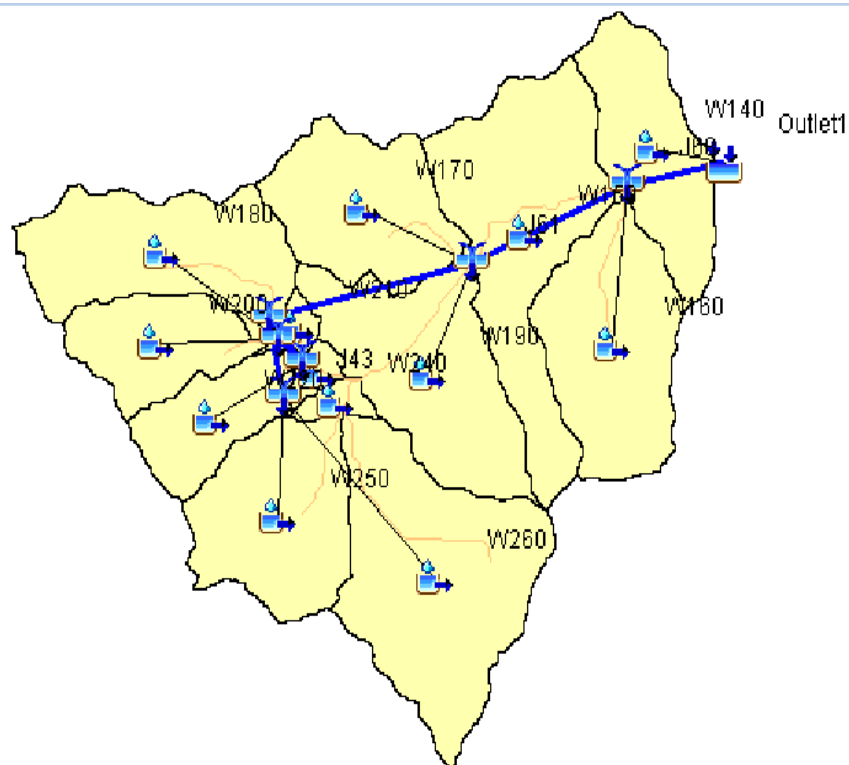
Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: RioCoco
End of Run: 02ene.2000, 00:00 Meteorologic Model: TCR100
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Simulacion

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 43.1 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene.2000, 06:00
Volume: 137.77 (MM)

Figura 17. Esquema de la Cuenca hasta el sitio del cruce



Análisis hidráulico

Hidrología

$Q_{100aP50} (m^3/s) = 43.31$

Estructura existente.

Puente de 10 metro deteriorado, sin la capacidad suficiente para manejar el caudal de 100 años periodo de retorno.

Puente propuesto.

- Un solo claro (m) =20.0
- Esviaje 0 grados

- Elevación de la viga inferior (msnm) = 205.46
- Elevación de la rasante 207.00 msnm, valor estimado ya que el valor final depende también de otras disciplinas.

Resultados:

En la tabla 21 se muestran los resultados de este análisis en la cual se puede ver que el nivel de aguas máximas aguas arriba del puente para T100aP50 es 203.96 msnm lo que deja el borde libre de 1.50 m valor que cumple con los requeridos de los TdR del MTI. En la

Figura se presentan las secciones transversales aguas arriba y abajo del puente y en la

Figura el perfil del cauce nivel de agua y puente.

Tabla 21 Resultados del análisis del puente propuesto

Parámetros Hidráulicos	T100aP50
Caudal de la cuenca (m3/s)	43.1
Q en Puente (m3/s)	43.1
Área del Puente (m2)	93.17
Borde Libre (m)	1.5

Tabla 22. Resultados del análisis dentro del puente

Dentro del Puente	
Elev. Agua A Arriba (msnm)	975.13
Elev. Agua A Abajo (msnm)	975.02
Perímetro Mojado arriba (m)	28.48
Perímetro Mojado abajo (m)	28.68

Máxima Profundidad Ent (m)	2.13
Máxima Profundidad Sal (m)	2.12
Vel Total Ent (m/s)	1.39
Vel Total Sal (m/s)	1.31
Área Entrada (m2)	24.53
Área Salida (m2)	26.02
Número de Froude Ent	0.37
Número de Froude Sal	0.34
Ancho Entrada (m)	16.83
Ancho Salida (m)	17.33
Pérdidas por fricción Ent	0.15
Pérdidas por fricción Sal	0.05
Pérdidas Contrac y Expan entra	0.01
Pérdidas Contrac y Expan Sal	0.02

Figura 18. Sección transversal aguas arriba y abajo

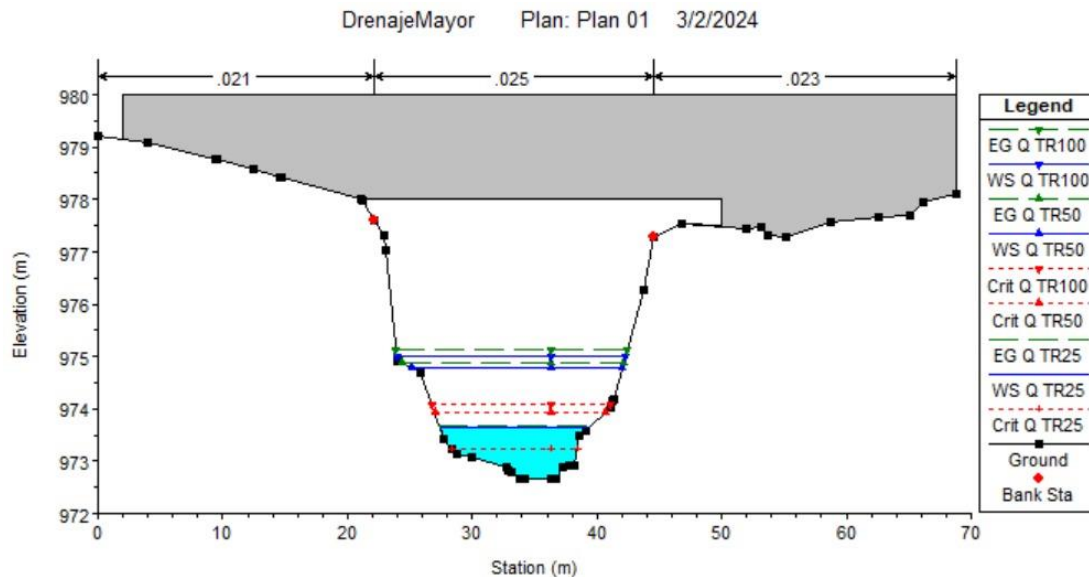
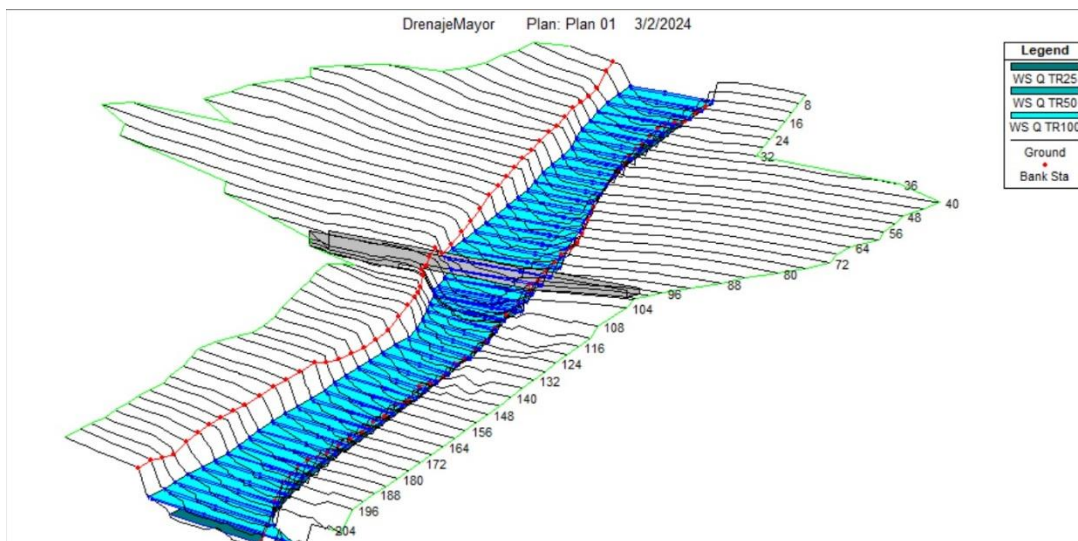


Figura 20. Vista 3D de puente



4.5. Socavación del drenaje Mayor

4.5.1. Socavación por contracción, por las pilas y por los estribos realizado en Hec-Ras

Parámetros en la contracción.

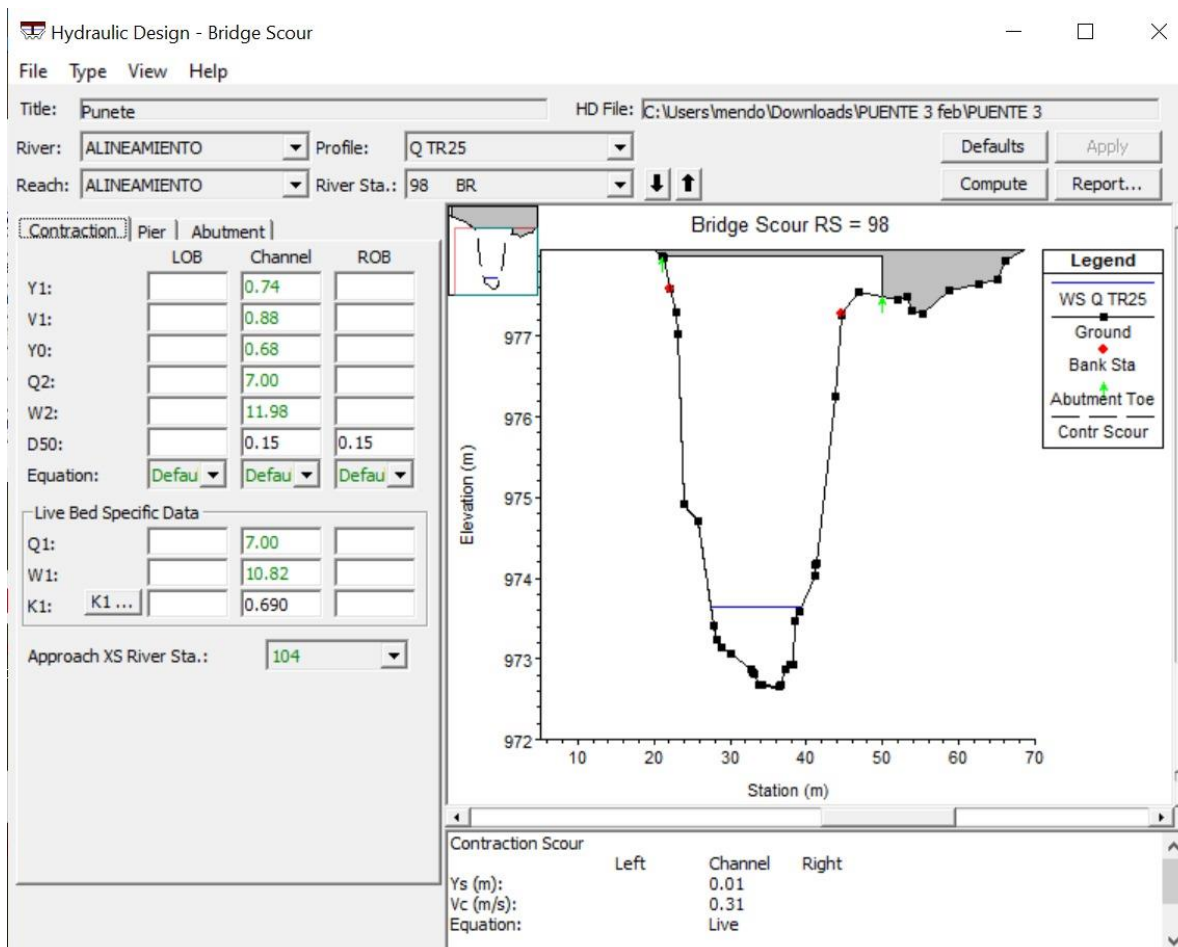
En esta sección el único parámetro que necesitamos es el D50 del SPT del canal, los demás datos son los que se introdujeron inicialmente.

Tabla 23. Diámetros de la partícula, D50

SONDEO	MUESTRA	PROF.	Diametros de partículas (mm)									DESCRIPCIÓN
			D30	D40	D50	D60	D85	D80	D90	D95	SUCS	
SPT-1												
	1	0.00 - 0.46 m	-	-	-	-	0.1069	-	0.2426	0.6556	ML	Limo con arena, color cafe oscuro.
	2	0.46 - 2.74 m	-	-	-	-	-	-	-	-	CH	Arcilla de alta plasticidad, color cafe claro.
	3	2.74 - 4.57 m	-	-	-	-	-	-	-	5.2281	ML	Limo color cafe claro.
	4	4.57 - 5.03 m	-	-	-	-	0.2881	-	1.2373	5.1134	ML	Limo con arena color gris con pintas blanquesinas.
	5	5.03 - 6.40 m	-	-	-	-	-	-	0.2526	6.7041	ML	Limo, color cafe claro con pintas blanquesinas.
	6	6.40 - 6.86 m	-	0.0753	0.1519	0.3063	1.7246	1.1945	2.6608	4.6825	SM	Arena limosa, color gris oscuro con pintas blanquesinas.
	7	6.86 - 7.32 m	0.1119	0.3361	0.6202	0.9842	3.0844	2.4457	3.9786	5.7635	SM	Arena limosa, color gris.
	8	7.32 - 8.23 m	-	-	0.0977	0.1551	0.6172	0.436	0.9337	1.5711	SM	Arena limosa, color gris claro.
	-	8.23 - 9.60 m	Muestra Lavada									Arena color gris oscuro. (muestra rotada)
	9	9.60 - 10.52 m	0.1619	0.3361	0.576	0.897	2.4531	2.0588	2.8723	3.4046	SM	Arena limosa, color gris claro.
	-	10.52 - 11.89 m	Muestra Lavada									Arena color gris oscuro.
	-	11.89 - 13.26 m	Muestra Lavada									Arena color gris oscuro.
	-	13.26 - 14.63 m	Muestra Lavada									Arena color gris claro.
SPT-2												
	1	0.0 - 1.37 m	-	-	-	-	0.3325	0.1944	0.6125	1.2365	MH	Limo con alta compresibilidad con arena, color cafe oscuro.
	2	1.37 - 3.20 m	-	-	-	-	-	-	-	-	CH	Arcilla de alta plasticidad, color cafe claro.
	3	3.20 - 4.11 m	-	-	-	-	0.2814	0.1929	0.4475	0.9404	ML	Limo arenoso, color cafe claro.
	4	4.11 - 4.57 m	-	-	-	-	0.3789	0.257	0.5993	1.0305	ML	Limo arenoso, color blanquecino.
	5	4.57 - 5.49 m	-	0.1323	0.3069	0.6155	2.8009	2.0559	3.8775	5.9361	SM	Arena limosa, color blanquecina.
	6	5.49 - 5.94 m	-	-	-	-	-	-	-	-	CH	Arcilla de alta plasticidad, color cafe claro.
	7	5.94 - 6.40 m	-	-	-	-	-	-	-	5.2281	ML	Limo color cafe claro.
	8	6.40 - 6.86 m	0.1119	0.3361	0.6202	0.9842	3.0844	2.4457	3.9786	5.7635		Arena limosa, color gris.
	9	6.86 - 7.32 m	-	0.1519	0.3862	0.723	2.5848	2.0463	3.2296	4.1685	SM	Limo arenoso, color amarillento bajo.
	10	7.32 - 7.77 m	-	-	0.0977	0.1551	0.6172	0.436	0.9337	1.5711	SM	Arena limosa, color gris claro.
	11	7.77 - 9.60 m	0.1619	0.3361	0.576	0.897	2.4531	2.0588	2.8723	3.4046	SM	Arena limosa, color gris claro.
	-	9.60 - 10.97 m	Muestra Lavada									Arena color gris oscuro. (muestra lavada)
	12	10.97 - 11.89 m	0.1619	0.3361	0.576	0.897	2.4531	2.0588	2.8723	3.4046	SM	Arena limosa, color gris claro.
	13	11.89 - 12.34 m	-	0.1368	0.2717	0.5484	3.5044	2.3724	5.2463	7.9897	SM	Arena limosa, color gris oscuro con pome color blanquecina.
	-	12.34 - 13.26	Muestra Lavada									Arena limosa, color gris oscuro. (muestra lavada)
	-	13.26 - 14.63 m	Muestra Lavada									Arena limosa, color gris oscuro (muestra lavada)

Fuente: Informe Geotécnico, Monte Cristo-Las cruces. MTI.

Figura 21. Socavación por contracción

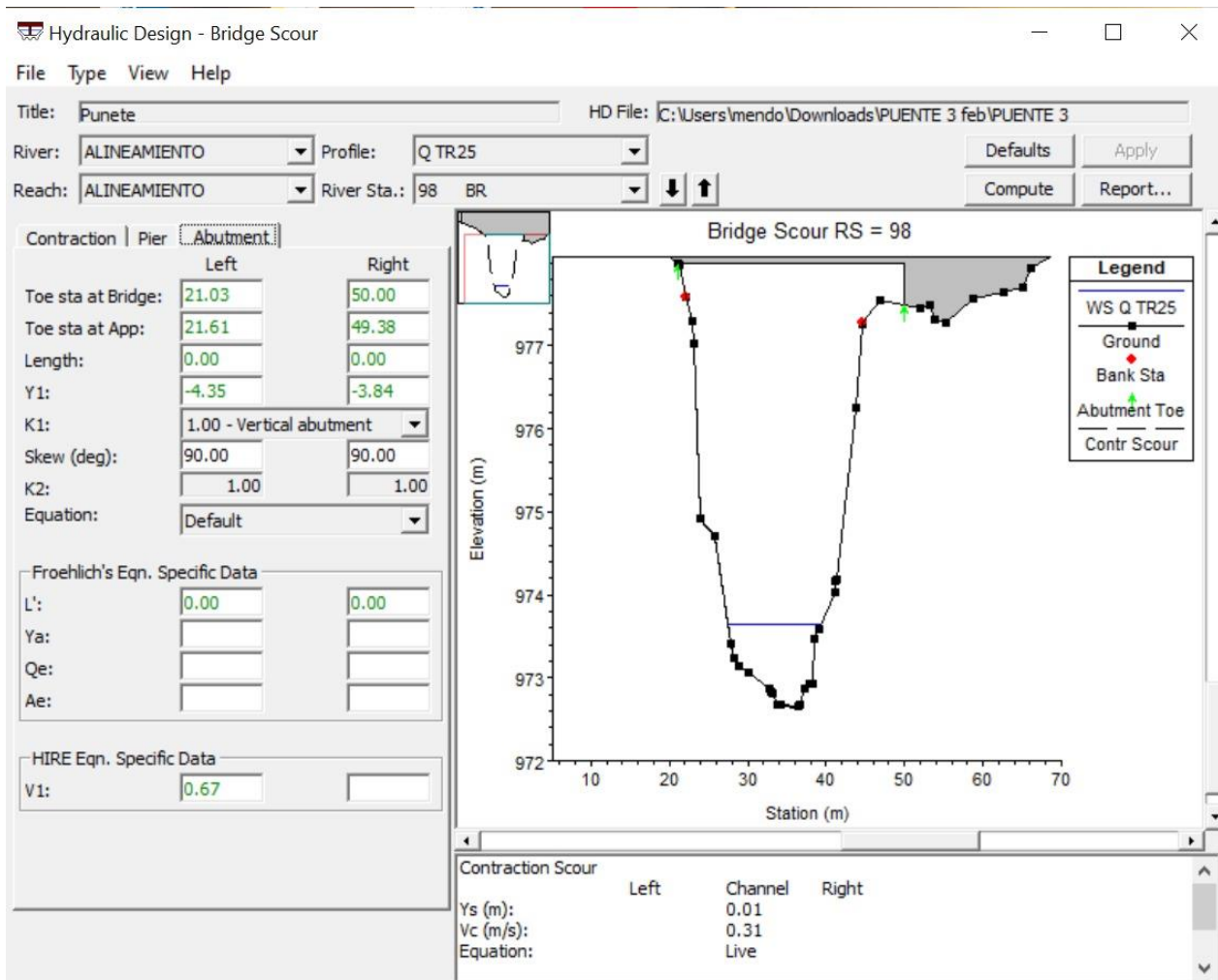


Fuente: Elaboración propia.

Parámetros de los estribos

En consideración se colocó los estribos lo más fuera del canal para que el flujo no llegue y no genere mucha Socavación.

Figura 22. Socavación por estribos



Resultados desde el punto de vista de las propiedades geotécnica y las velocidades de flujo.

Figura 23. Tabla de resultados por socavación por contracción, estribos

Hydraulic Design Data			
Contraction Scour			
	Left	Channel	Right
Input Data			
Average Depth (m):		0.74	
Approach Velocity (m/s):		0.88	
Br Average Depth (m):		0.68	
BR Opening Flow (m ³ /s):		7.00	
BR Top WD (m):		11.98	
Grain Size D50 (mm):		0.15	0.15
Approach Flow (m ³ /s):		7.00	
Approach Top WD (m):		10.82	
K1 Coefficient:		0.690	
Results			
Scour Depth Ys (m):		0.01	
Critical Velocity (m/s):		0.31	
Equation:		Live	
Combined Scour Depths			

4.6. Diseño Geométrico vial

El diseño geométrico trató de ajustarse a la medida de lo posible a la franja del derecho de vía existente mientras se pueda cumplir con los criterios mínimos de diseño, estos fueron analizados por nosotros tomando en cuenta los criterios de diseño del manual SIECA 2011, obteniéndose el visto bueno para proceder con el diseño definitivo.

Se realizó una Propuesta de eje central de 7.636 Km el cual fue analizado con información brindada el MTI, y comprobado en campo a su discreción mediante una visita. Una vez aprobado dicho eje, se procedió al diseño vertical y para que junto con la sección típica se pudiese desarrollar el diseño de las secciones transversales y así se analizó el movimiento de tierra.

El alineamiento horizontal está formado por 65 curvas circulares con radios mínimos de 21 m, un alineamiento vertical formado por curvas verticales de longitudes amplias y continuas. Esta condición de la carretera ha permitido el cumplimiento de normas de diseño para velocidades de 30 Km/hr en las zonas tipificadas como urbanas y en los tramos rurales. La clasificación funcional de esta vía es Colectora Rural / Urbana según la SIECA 2011 y Camino Vecinal según el MTI.

Todos los parámetros de diseño fueron analizados según la velocidad de diseño la cual fue definida por sectores y dependieron de la zona tanto rural como urbana. Todos los parámetros que rigen el diseño de este tramo están referidos al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011).

En términos generales la realización del diseño vial se complementó con los siguientes estudios:

- Estudios topográficos
- Estudios geotécnicos
- Estudios de tráfico
- Estudios hidro técnico

Como producto final del diseño vial, se obtuvo lo siguiente:

- Diseño de alineamiento horizontales y verticales, planos finales de planta perfil y secciones transversales de la carretera, cálculo de volúmenes de movimiento de tierra (corte y relleno).

4.6.1 Estudio Topográfico.

Los trabajos de campo preliminares consisten en la movilización de una brigada de topografía la cual realizó un reconocimiento del terreno y se estableció la ubicación de los controles topográficos con el fin de colocar las poligonales de apoyo que serán utilizadas en toda la etapa operativa del desarrollo del proyecto.

Para esta Investigación se está considerando la poligonal ya corregida del informe MONTE CRISTO-LAS CRUCES otorgado por el MTI.

Obteniendo el inicio del terreno en estudio.

Tramo	Coordenadas	Elevación
Inicio: 0+000	X: 590836.851, Y: 1497740	793.3
Final: 7+636	X 594893.946 Y: 1500941.095	1061.8

Tipo de terreno

- ✓ Terreno Montañoso

Una vez conocido el terreno podemos concluir según lo estipulado en la norma SIECA, 2011. La pendiente.

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

Establecimiento puntos georreferenciados

El proceso de georreferenciación realizó en dos etapas, la primera consistió en la ubicación y construcción de 6 pares de Puntos de Control Base (PCB), los cuales son mojones de concreto de 20x20x60cm, ubicados aproximadamente cada 2 a 3 kms y con una distancia entre puntos no mayor a 250mts.

Longitud	Latitud	Altitud	Nombre
590831.859	1497719.47	798.156	GPS1
590871.688	1497812	797.215	GPS2
590947.247	1497793.39	795.639	BM1
591008.618	1497818.12	804.089	BM2
591074.16	1497800.78	799.874	BM3
591142.037	1497798.75	794.904	BM4
591221.8	1497799.6	804.065	BM5
591265.491	1497777.7	797.21	BM6
591368.375	1497720.77	800.6	BM7
591446.897	1497696.33	802.46	BM8
591548.151	1497721.88	783.95	BM9
591675.571	1497698.86	791.3	BM10
591799.674	1497644.15	789.27	BM11
591901.855	1497634.97	7955.28	BM12
592002.936	1497636.26	804.22	BM13
592095.574	1497691.95	815.12	BM14
592168.117	1497720.63	822.12	BM15
592241.542	1497753.27	851.06	BM16
592322.769	1497713.52	834.69	BM17
592380.537	1497771.49	827.444	BM18
592380.537	1497771.49	824.11	BM19
592512.794	1497686.45	840.234	BM20
592612.156	1497748.05	831.455	BM21
592556.76	1497910.49	838.75	BM22
592556.76	1497910.49	843.644	BM23
592525.802	1498024.29	846.364	BM24
592558.926	1498100.96	839.6	BM25
592648.373	1498073.47	841.135	GPS3
592747.918	1498098.06	845.175	GPS4
592744.08	1498262.65	859.364	BM25
592944.808	1498392.04	870.886	BM26

593027.092	1498505.95	868.339	BM27
593162.629	1498566.88	906.753	BM28
593230.43	1498666.3	922.505	BM29
593365.976	1498728.03	941.751	BM30
593365.976	1498728.03	945.117	BM31
593413.504	1498888.02	976.274	BM32
593507.553	1498915.29	965.516	BM33
593509.906	1498992.69	988.481	BM34
593604.074	1498996.8	980.357	BM35
593726.823	1499010.6	989.423	BM36
593833.168	1498994.71	999.224	BM37
593862.403	1498871.84	1019.547	BM38
593958.869	1498875.34	1023.549	BM39
594170.55	1498958.03	992.66	BM40
594309.455	1499042.52	1017.43	BM41
594309.455	1499042.52	999.52	BM42
594222.303	1499142.37	968.513	BM43
594154.976	1499204.41	966.65	BM44
594104.241	1499294.33	970.536	BM45
593982.521	1499321.91	960.444	BM46
593948.195	1499410.9	981.671	BM47
593951.39	1499468.63	982.272	BM48
593835.851	1499483.77	979.54	BM49
593798.718	1499571.05	997.07	BM50
593861.777	1499665.16	982.15	BM51
593911.192	1499787.78	1014.35	BM52
593996.996	1499897.82	1036.39	BM53
594079.315	1500064.15	1028.68	BM54
594022.295	1500149.83	993.97	BM55
594083.749	1500201.77	9740.09	BM56
594181.567	1500274.29	1003.11	BM57
594310.248	1500333.38	1005.92	BM58
594355.507	1500457.88	1032.54	BM59
594372.434	1500635.96	1020.19	BM60
594501.05	1500681.23	999.1	BM61
594623.299	1500669.33	1046.74	BM62
594773.309	1500749.06	1059.12	BM63
594817.845	1500935.51	1041.33	BM64
594922.249	1500945.88	1077.044	GPS5
594960.853	1500871.33	1055.3	GPS6

Levantamiento circuitos de poligonal línea base

Esta actividad consistió en términos generales en el traslado de las coordenadas geodésicas de los PCB denominados de igual forma como puntos GPS, previamente establecidos en pares de puntos y descritos en el ítem anterior.

Todo el tramo se dividió en cuatro (2) poligonales de línea de base (circuito). Cada circuito resultó constituido entre dos (6) pares de puntos de control base (PCB/GPS), el primer par de PCB suministra los datos de salida y el segundo par controla la llegada. El mecanismo de medición de la poligonal sobre la línea base, fue bajo el método tradicional el cual emplea un equipo estación total, plomada de topografía, prisma reflector y portaprisma.

La medición se realiza estacionado en cada PLB el instrumento visando atrás y girando al siguiente PLB de línea. Todos los lados de la poligonal fueron obtenidos de una medición directa y mostrados en un archivo de coordenadas organizados en el formato conocido como 54 PNEZD5 . Las precisiones obtenidas empleando este método fueron mayores a 1/5000.

Nivelación de BMS

Se realizó a partir de una nivelación diferencial con nivel de precisión, en circuitos cerrados de ida y regreso, entre uno y otro PLB, que, para efectos del aspecto altimétrico, estos puntos corresponden a lo que generalmente se denomina como BM'S. Para esta nivelación diferencial se utilizó como punto de partida la elevación Ortogonal establecida en uno de los primeros pares de Puntos de Control Base (PCB) que previamente habían sido Georeferenciados de acuerdo a lo establecido en lo descrito anteriormente. Para efectos de control altimétricos, la precisión aceptable de cada circuito se estableció en, $12mm\sqrt{k}$ en donde K se expresa en kilómetros.

Seccionamiento del camino

Esta actividad fue ejecutada haciendo uso del equipo topográfico electrónico (Estación Total) y consistió en la determinación de la configuración topográfica de la franja de terreno correspondiente al derecho de vía del camino existente y aproximadamente 10m más allá de los límites de éste a cada lado.

Para la realización de esta actividad fue necesario la aplicación del método de radiación, identificando principalmente el centro del camino, orillas, bordes, cunetas, cercas del derecho de vía y cualquier otro punto que presente irregularidad topográfica respecto al resto del terreno. Estos levantamientos se realizaron a partir de cada uno de los PLB establecidos y controlado a través de los circuitos de poligonales denominados como BMs, desde los cuales se obtuvieron las coordenadas de ubicación y la correspondiente elevación de cada uno de los puntos de dicha sección.

De manera similar se obtuvo la información de la ubicación de los puntos que constituían cada una de las infraestructuras existentes en la franja en estudio; muros, casas, alcantarillas y puentes existentes, muros, postes del tendido eléctrica y telefónica, etc; toda esta información fue almacenada de manera automática en la memoria del equipo electrónico para posteriormente ser procesada a nivel de gabinete. Básicamente, a partir de este levantamiento se obtuvieron archivos del tipo “txt”, conteniendo cada punto la ubicación tridimensional (coordenadas Este, coordenadas Norte, Elevación, descripción) referida al sistema de coordenadas en que previamente se había enmarcado la poligonal base conformada por los Puntos de la Línea.

Trabajos de gabinete

Este trabajo estuvo orientado principalmente hacia la recepción y el control de la información proveniente de campo y específicamente de los equipos topográficos electrónicos (Estación Total) con los cuales se realizó la obtención de la información topográfica de campo. Todos los datos provenientes de los equipos fueron procesados

utilizando el software AUTOCAD CIVIL 3D El trabajo de gabinete conllevó a la ejecución de las siguientes actividades.

Cálculo de Poligonales de Cada Circuito

El cálculo de las poligonales se realizó a partir de las coordenadas de los diferentes circuitos de cada poligonal obtenidas del levantamiento de campo.

Se establecieron los controles de llegada de cada circuito de poligonal en el tramo en estudio, partiendo de los pares de puntos establecidos y realizando el control en el siguiente par de punto. Como parte de este proceso de cálculo se determinaron los errores de llegada que debieron estar dentro del marco de lo permisible que se establece en el “Manual Para Revisión Estudios Topográficos” del MTI, tabla "Valores Propuestos-Recomendados De Precisiones Y Métodos del Tipo de Levantamiento a Realizar En Función de la Clasificación Funcional Existente” en donde se indica una precisión planimétrica de poligonal equivalente a un valor no menor de $1 / 2,500$.

Una vez que se finalizó el proceso de revisión y control del levantamiento, verificando que éste se encontraba dentro de la precisión establecida, se procedió a realizar el ajuste de las poligonales según se establece en el “Manual de Mantenimiento del catastro físico” para poligonales abiertas con puntos de control. Finalizado este ajuste se determinaron las coordenadas ajustadas a partir de las cuales se establecía los datos para cada PLB que fueron la base para realizar el levantamiento Altiplanimétrico del camino.

Revisión del Seccionamiento del Camino

Como método de comprobación de la información obtenida producto del seccionamiento del camino se procedió a utilizar el software para procesar los datos. Para comprobar que el personal de campo no cometió ningún error al momento del levantamiento se ingresó toda la base de datos a AUTOCAD® CIVIL 3D® y se

procedió a analizar que los datos levantados siguieran una ruta levantada con un GPS manual en modo TRACKING en uno de los recorridos iniciales previo al inicio de los trabajos de campo.

Presentación de resultados

Tabla 24. Presentación de resultados, circuitos 1

INFORMACIÓN - DATOS PROVENIENTES DE CAMPO SOKKIA IM-52										RESULTADOS DE CALCULO EN EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRAFICA RECIBIDA.										
Numeración Sec.	PUNTOS	COORDENADAS ORIGINALES PROVENIENTES DE CAMPO.		Proyecciones Originales resultantes de las coordenadas de campo.		DISTANCIA. (m)	ACIMUT en G° M' S"	DISTANCIA ESCALADA.	Proyecciones afectadas por el factor de Escala.		Coordenadas afectadas con el Factor de Escala.		Cálculo de las correcciones sobre las Proyecciones Escaladas.		Proyecciones Corregidas Ajustadas.		Coordenadas corregidas- Compensadas Finales- Definitivas a utilizar.		ELEVACIONES NIVELACIÓN DIFERENCIAL (BMs)	PUNTOS DE CAMPO.
		E (X)	N (Y)	ΔXo	ΔYo				ΔXc	ΔYc	Coordenadas Este (X)	Coordenadas Norte (Y)	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	Coordenadas Este (X)	Coordenadas Norte (Y)		
1	BM-1 GPS	590831.859	1497719.469								590,831.859	1,497,719.469					590,831.859	1,497,719.469	342.192	BM-1 GPS
				39.829	92.528	100.736	23.1723	100.736	39.829	92.528			0.001550794	0.001470581	39.831	92.529				
2	BM-2 GPS	590871.688	1497811.997								590,871.688	1,497,811.997					590,871.688	1,497,811.997	312.728	BM-2 GPS
				75.558	-18.606	77.815	103.5002	77.815	75.558	-18.606			0.001197934	0.001135972	75.559	-18.605				
3	BM-3	590947.246	1497793.391								590,947.246	1,497,793.391					590,947.247	1,497,793.392	291.658	BM-3
				61.369	24.721	66.161	68.0333	66.161	61.369	24.721			0.001018525	0.000965842	61.370	24.722				
4	BM-4	591008.615	1497818.112								591,008.615	1,497,818.112					591,008.618	1,497,818.115	0.000	BM-4
				65.541	-17.339	67.796	104.4906	67.796	65.541	-17.339			0.001043695	0.000989711	65.542	-17.338				
5	BM-5	591074.156	1497800.773								591,074.156	1,497,800.773					591,074.160	1,497,800.777	0.000	BM-5
				67.876	-2.024	67.906	91.4229	67.906	67.876	-2.024			0.001045388	0.000991316	67.877	-2.023				

6	BM-6	591142.032	1497798.749								591,142.032	1,497,798.749					591,142.037	1,497,798.754	0.000	BM-6
				79.762	0.842	79.766	89.2343	79.766	79.762	0.842			0.001227969	0.001164453	79.763	0.843				
7	BM-7	591221.794	1497799.591								591,221.794	1,497,799.591					591,221.800	1,497,799.597	264.179	BM-7
				43.690	-21.902	48.872	116.3730	48.872	43.69	-21.902			0.000752367	0.000713451	43.691	-21.901				
8	BM-8	591265.484	1497777.689								591,265.484	1,497,777.689					591,265.491	1,497,777.696	0.000	BM-8
				102.882	-56.931	117.583	118.5731	117.583	102.882	-56.931			0.001810148	0.001716519	102.884	-56.929				
9	BM-9	591368.366	1497720.758								591,368.366	1,497,720.758					591,368.375	1,497,720.767	0.000	BM-9
				78.521	-24.443	82.238	107.1728	82.238	78.521	-24.443			0.001266024	0.00120054	78.522	-24.442				
10	BM-10	591446.887	1497696.315								591,446.887	1,497,696.315					591,446.897	1,497,696.325	0.000	BM-10
				101.250	25.558	104.426	75.4960	104.426	101.25	25.558			0.0016076	0.001524449	101.252	25.560				
11	BM-11	591548.137	1497721.873								591,548.137	1,497,721.873					591,548.149	1,497,721.884	0.000	BM-11
				127.420	-23.031	129.485	100.1444	129.485	127.42	-23.031			0.001993374	0.001890269	127.422	-23.029				
12	BM-12	591675.557	1497698.842								591,675.557	1,497,698.842					591,675.571	1,497,698.855	0.000	BM-12
				124.101	-54.704	135.623	113.4717	135.623	124.101	-54.704			0.002087867	0.001979874	124.103	-54.702				
13	BM-13	591799.658	1497644.138								591,799.658	1,497,644.138					591,799.674	1,497,644.153	0.000	BM-13
				102.179	-9.187	102.591	95.0816	102.591	102.179	-9.187			0.001579351	0.001497661	102.181	-9.186				
14	BM-14	591901.837	1497634.951								591,901.837	1,497,634.951					591,901.854	1,497,634.968	255.169	BM-14
				101.080	1.295	101.088	89.1558	101.088	101.08	1.295			0.001556213	0.001475719	101.082	1.296				
15	BM-15	592002.917	1497636.246								592,002.917	1,497,636.246					592,002.936	1,497,636.264	0.000	BM-15
				92.636	55.685	108.084	58.5922	108.084	92.636	55.685			0.001663914	0.001577849	92.638	55.687				
16	BM-16	592095.553	1497691.931								592,095.553	1,497,691.931					592,095.574	1,497,691.951	0.000	BM-16
				72.542	28.675	78.004	68.2555	78.004	72.542	28.675			0.001200843	0.001138731	72.543	28.676				

17	BM-17	592168.095	1497720.606								592,168.095	1,497,720.606					592,168.117	1,497,720.627	0.000	BM-17
				73.423	32.641	80.352	66.0155	80.352	73.423	32.641			0.00123699	0.001173008	73.424	32.642				
18	BM-18	592241.518	1497753.247								592,241.518	1,497,753.247					592,241.541	1,497,753.269	0.000	BM-18
				81.226	-39.754	90.433	116.0442	90.433	81.226	-39.754			0.001392183	0.001320174	81.227	-39.753				
19	BM-19	592322.744	1497713.493								592,322.744	1,497,713.493					592,322.768	1,497,713.516	0.000	BM-19
				57.767	57.971	81.839	44.5357	81.839	57.767	57.971			0.001259882	0.001194715	57.768	57.972				
20	BM-20	592380.511	1497771.464								592,380.511	1,497,771.464					592,380.537	1,497,771.489	0.000	BM-20
				132.254	-85.038	157.234	122.4427	157.234	132.254	-85.038			0.00242056	0.002295359	132.256	-85.036				
21	BM-22	592512.765	1497686.426								592,512.765	1,497,686.426					592,512.793	1,497,686.453	0.000	BM-22
				99.360	61.590	116.901	58.1224	116.901	99.36	61.59			0.001799648	0.001706563	99.362	61.592				
22	BM-23	592612.125	1497748.016								592,612.125	1,497,748.016					592,612.155	1,497,748.045	0.000	BM-23
				-55.398	162.437	171.624	341.1007	171.624	-55.398	162.437			0.002642089	0.002505429	-55.395	162.440				
23	BM-24	592556.727	1497910.453								592,556.727	1,497,910.453					592,556.760	1,497,910.484	0.000	BM-24
				-30.960	113.804	117.940	344.4653	117.940	-30.96	113.804			0.001815643	0.001721731	-30.958	113.806				
24	BM-26	592525.767	1498024.257								592,525.767	1,498,024.257					592,525.801	1,498,024.290	0.000	BM-26
				33.123	76.672	83.521	23.2154	83.521	33.123	76.672			0.001285775	0.00121927	33.124	76.673				
25	BM-27	592558.890	1498100.929								592,558.890	1,498,100.929					592,558.926	1,498,100.963	0.000	BM-27
				89.445	-27.498	93.576	107.0521	93.576	89.445	-27.498			0.001440568	0.001366056	89.446	-27.497				
26	BM-28	592648.335	1498073.431								592,648.335	1,498,073.431					592,648.372	1,498,073.466	0.000	BM-28
				99.544	24.590	102.536	76.0728	102.536	99.544	24.59			0.001578504	0.001496858	99.546	24.591				
27	BM-29	592747.879	1498098.021								592,747.879	1,498,098.021					592,747.918	1,498,098.058	0.000	BM-29
				-3.841	164.584	164.629	358.3948	164.629	-3.841	164.5839744			0.002534404	0.002403314	-3.838	164.586				

28	BM-30	592744.038	1498262.605								592,744.038	1,498,262.605					592,744.079	1,498,262.644	0.000	BM-30
				200.725	129.386	238.812	57.1140	238.812	200.725	129.3864405			0.003676424	0.003486264	200.729	129.390				
29	BM-31	592944.763	1498391.991								592,944.763	1,498,391.991					592,944.807	1,498,392.034	209.521	BM-31
				82.282	113.916	140.524	35.5028	140.524	82.282	113.9155851			0.002163316	0.00205142	82.284	113.918				
30	BM-32	593027.045	1498505.907								593,027.045	1,498,505.907					593,027.091	1,498,505.952	0.000	BM-32
				135.535	60.927	148.600	65.4741	148.600	135.535	60.927105			0.002287643	0.002169317	135.537	60.929				
31	BM-33	593162.580	1498566.834								593,162.580	1,498,566.834					593,162.628	1,498,566.881	0.000	BM-33
				67.799	99.419	120.337	34.1732	120.337	67.799	99.4192062			0.001852544	0.001756723	67.801	99.421				
32	BM-34	593230.379	1498666.253								593,230.379	1,498,666.253					593,230.429	1,498,666.302	0.000	BM-34
				135.543	61.726	148.936	65.3057	148.936	135.543	61.7257803			0.002292816	0.002174222	135.545	61.728				
33	BM-35	593365.922	1498727.979								593,365.922	1,498,727.979					593,365.975	1,498,728.030	0.000	BM-35
				47.526	159.990	166.900	16.3240	166.900	47.526	159.9899085			0.002569365	0.002436467	47.529	159.992				
34	BM-37	593413.448	1498887.969								593,413.448	1,498,887.969					593,413.503	1,498,888.022	0.000	BM-37
				94.047	27.264	97.919	73.4960	97.919	94.047	27.264			0.001507427	0.001429457	94.049	27.265				
35	BM-38 GPS	593507.495	1498915.233								593,507.495	1,498,915.233					593,507.552	1,498,915.287	0.000	BM-38 GPS
				2.411	77.457	77.495	1.4659	77.495	2.411	77.457			0.001193007	0.0011313	2.412	77.458				
36	BM-39 GPS	593509.906	1498992.690								593,509.906	1,498,992.690					593,509.906	1,498,992.690	0.000	BM-39 GPS
				2,638.218	1,180.693	3,767.546		3,767.546	2,638.218	1,180.693			0.058	0.055	2,638.276	1,180.748				

RESUMEN DE CALCULO.				
Longitud de la Poligonal (m).		3,767.546		
PARAMETROS ANGULARES..		G°. M. S.		G°.Decim.
Llegada Angular al par de Puntos ;		BM-38 GPS	BM-39 GPS	
		1.4659		1.7830556
Acimut Real Geodésico;		GPS-03	GPS-4	
		1.4429		1.74139
Error Angular de Campo.		0.0231		0.0416667
Ajuste-error Angular para cierre.		0.0231		0.0416667
Error Angular a distribuir por punto.		0.0005		0.00122549
Distribución.				0.00122549
PARAMETROS LINEALES.		Coord. Este (X)		Coord. Norte (Y)
Coordenadas de llegada al Punto ;		BM-38 GPS		
		593,507.495		1,498,915.233
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto ;		GPS-03		
		593,507.553		1,498,915.288
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.		-0.058		-0.055
Error de cierre Lineal Resultante.		0.079931220		
Error de cierre Lineal a Distribuir en el Perimetro por Eje de Proyección .		1.53946E-05		1.45984E-05
PRESICIONES ALCANZADAS.			1/ 47,135.00	

VALORES RESULTANTES A PARTIR DE LA APLICACIÓN DEL FACTOR DE ESCALA A CADA UNA DE LAS COORDENADAS.	
Coord. Este(X)	Coord. Norte(Y)
593,507.495	1,498,915.233
593,507.553	1,498,915.288
-0.058	-0.055
0.079931220	
1.53946E-05	1.45984E-05
1/ 47,135.00	

CONTROL FINAL DE LA POLIGONAL			
PUNTOS DE C ONTROL	RESUMEN RESULTADOS FINALES.		
	Coord. Este(X)	Coord. Norte(Y)	Elev (Z)
	LLEGADA AL PUNTO	BM-38 GPS	
		593,507.552	1,498,915.287
	VALORES REALES DEL PUNTO DE SALIDA	BM-38 GPS	
		593,507.553	1,498,915.288
DIFERENCIA ENTRE VALORES DE LLEGADA Y REAL DE SALIDA.		-0.001	-0.001

Tabla 25. Presentación de resultados, circuito 2

INFORMACIÓN - DATOS PROVENIENTES DE CAMPO SOKKIA IM-52										RESULTADOS DE CALCULO EN EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRAFICA RECIBIDA.										
Numeración Sec.	PUNTO S	COORDENADAS ORIGINALES PROVENIENTES DE CAMPO.		Proyecciones Originales resultantes de las coordenadas de campo.		DISTANCI A. (m)	ACIMU T en Gº M' S"	DISTANCI A ESCALAD A.	Proyecciones afectadas por el factor de Escala.		Coordenadas afectadas con el Factor de Escala.		Cálculo de las correcciones sobre las Proyecciones Escaladas.		Proyecciones Corregidas Ajustadas.		Coordenadas corregidas-Compensadas Finales-Definitivas a utilizar.		ELEVACION ES NIVELACIÓN DIFERENCIAL (BMs)	PUNTO S DE CAMPO
		E (X)	N (Y)	ΔXo	ΔYo				ΔXc	ΔYc	Coordenad as Este (X)	Coordenada s Norte (Y)	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	Coordenad as Este (X)	Coordenada s Norte (Y)		
1	BM-38 GPS	593507.553	1498915.288								593,507.553	1,498,915.288					593,507.553	1,498,915.288	342.192	BM-38 GPS
				2.353	77.402	77.438	1.4429	77.438	2.353	77.402			0.003640248	0.002287588	2.357	77.404				
2	BM-39 GPS	593509.906	1498992.690								593,509.906	1,498,992.690					593,509.906	1,498,992.690	312.728	BM-39 GPS
				94.163	4.104	94.252	87.3016	94.252	94.16304	4.10417			0.00443065	0.002784288	94.167	4.107				
3	BM-40	593604.069	1498996.794								593,604.069	1,498,996.794					593,604.073	1,498,996.797	291.658	BM-40
				122.743	13.799	123.516	83.3509	123.516	122.74296	13.79883			0.005806308	0.003648773	122.749	13.802				
4	BM-41	593726.812	1499010.593								593,726.812	1,499,010.593					593,726.823	1,499,010.600	0.000	BM-41
				106.339	-15.894	107.520	98.3003	107.520	106.339	-15.894			0.005054359	0.003176237	106.344	-15.891				
5	BM-42	593833.151	1498994.699								593,833.151	1,498,994.699					593,833.168	1,498,994.710	0.000	BM-42
				29.228	-122.878	126.306	166.3713	126.306	29.228	-122.878			0.005937462	0.003731192	29.234	-122.874				
6	BM-43	593862.379	1498871.821								593,862.379	1,498,871.821					593,862.402	1,498,871.836	0.000	BM-43

				96.461	3.502	96.525	87.5515	96.525	96.461	3.502			0.0045375	0.0028514 34	96.466	3.505				
7	BM-44	593958.84 0	1498875.3 23								593,958.84 0	1,498,875.3 23					593,958.86 8	1,498,875.3 41	264.179	BM-44
				211.670	82.682	227.245	68.3949	227.245	211.67	82.682			0.0106824 58	0.0067130 2	211.681	82.689				
8	BM-45	594170.51 0	1498958.0 05								594,170.51 0	1,498,958.0 05					594,170.54 9	1,498,958.0 30	0.000	BM-45
				138.897	84.480	162.571	58.4129	162.571	138.897	84.48			0.0076422 27	0.0048024 92	138.905	84.485				
9	BM-46	594309.40 7	1499042.4 85								594,309.40 7	1,499,042.4 85					594,309.45 4	1,499,042.5 15	0.000	BM-46
				-87.159	99.850	132.539	318.525 7	132.539	-87.159	99.85			0.0062304 66	0.0039153 2	-87.153	99.854				
10	BM-48	594222.24 8	1499142.3 35								594,222.24 8	1,499,142.3 35					594,222.30 2	1,499,142.3 69	0.000	BM-48
				-67.332	62.034	91.552	312.391 8	91.552	-67.332	62.034			0.0043037 27	0.0027045 28	-67.328	62.037				
11	BM-49	594154.91 6	1499204.3 69								594,154.91 6	1,499,204.3 69					594,154.97 5	1,499,204.4 06	0.000	BM-49
				-50.740	89.916	103.245	330.335 0	103.245	-50.74	89.916			0.0048533 98	0.0030499 49	-50.735	89.919				
12	BM-50	594104.17 6	1499294.2 85								594,104.17 6	1,499,294.2 85					594,104.24 0	1,499,294.3 26	0.000	BM-50
				-121.726	27.582	124.812	282.460 2	124.812	-121.726	27.582			0.0058672 31	0.0036870 58	-121.720	27.586				
13	BM-51	593982.45 0	1499321.8 67								593,982.45 0	1,499,321.8 67					593,982.52 0	1,499,321.9 12	0.000	BM-51
				-34.331	88.980	95.373	338.540 8	95.373	-34.331	88.98			0.0044833 46	0.0028174 03	-34.327	88.983				
14	BM-52	593948.11 9	1499410.8 47								593,948.11 9	1,499,410.8 47					593,948.19 4	1,499,410.8 95	255.169	BM-52
				3.192	57.735	57.823	3.0953	57.823	3.192	57.735			0.0027181 75	0.0017081 43	3.195	57.737				
15	BM-53	593951.31 1	1499468.5 82								593,951.31 1	1,499,468.5 82					593,951.38 9	1,499,468.6 32	0.000	BM-53
				-115.545	15.131	116.532	277.273 9	116.532	-115.545	15.131			0.005478	0.0034424 59	-115.540	15.134				
16	BM-54	593835.76 6	1499483.7 13								593,835.76 6	1,499,483.7 13					593,835.85 0	1,499,483.7 67	0.000	BM-54
				-37.137	87.277	94.850	336.565 9	94.850	-37.13746	87.277			0.0044587 61	0.0028019 54	-37.133	87.280				
17	BM-55	593798.62 9	1499570.9 90								593,798.62 9	1,499,570.9 90					593,798.71 7	1,499,571.0 47	0.000	BM-55

				63.054	94.108	113.279	33.4922	113.279	63.053676 51	94.108			0.0053250 81	0.0033463 63	63.059	94.111				
18	BM-56	593861.68 2	1499665.0 98								593,861.68 3	1,499,665.0 98					593,861.77 6	1,499,665.1 59	0.000	BM-56
				49.409	122.614	132.195	21.5652	132.195	49.408787 56	122.614			0.0062142 95	0.0039051 58	49.415	122.618				
19	BM-57	593911.09 1	1499787.7 12								593,911.09 2	1,499,787.7 12					593,911.19 1	1,499,787.7 77	0.000	BM-57
				85.796	110.041	139.535	37.5634	139.535	85.795995 93	110.041			0.0065593 38	0.0041219 88	85.803	110.045				
20	BM-58	593996.88 7	1499897.7 53								593,996.88 8	1,499,897.7 53					593,996.99 4	1,499,897.8 23	0.000	BM-58
				82.310	166.316	185.569	26.1952	185.569	82.310279 27	166.316			0.0087233 29	0.0054818 74	82.319	166.321				
21	BM-59	594079.19 7	1500064.0 69								594,079.19 8	1,500,064.0 69					594,079.31 3	1,500,064.1 45	0.000	BM-59
				-57.025	85.676	102.918	326.211 1	102.918	-	57.024836 63			0.0048380 26	0.0030402 89	-57.020	85.679				
22	BM-60	594022.17 2	1500149.7 45								594,022.17 3	1,500,149.7 45					594,022.29 3	1,500,149.8 25	0.000	BM-60
				61.450	51.945	80.464	49.4730	80.464	61.450218 63	51.945			0.0037824 96	0.0023769 78	61.454	51.947				
23	BM-61	594083.62 3	1500201.6 90								594,083.62 3	1,500,201.6 90					594,083.74 7	1,500,201.7 73	0.000	BM-61
				97.811	72.513	121.759	53.2655	121.759	97.811277 95	72.513			0.0057237 14	0.0035968 69	97.817	72.517				
24	BM-62	594181.43 4	1500274.2 03								594,181.43 4	1,500,274.2 03					594,181.56 4	1,500,274.2 90	0.000	BM-62
				128.674	59.082	141.590	65.2016	141.590	128.67434 61	59.081582 57			0.0066559 4	0.0041826 95	128.681	59.086				
25	BM-63	594310.10 8	1500333.2 85								594,310.10 8	1,500,333.2 85					594,310.24 5	1,500,333.3 75	0.000	BM-63
				45.253	124.502	132.471	19.5829	132.471	45.252774 73	124.50241 74			0.0062272 69	0.0039133 11	45.259	124.506				
26	BM-64	594355.36 1	1500457.7 87								594,355.36 1	1,500,457.7 87					594,355.50 4	1,500,457.8 82	0.000	BM-64
				16.919	178.068	178.870	5.2540	178.870	16.918594 04	178.06775 9			0.0084084 19	0.0052839 79	16.927	178.073				
27	BM-65	594372.28 0	1500635.8 55								594,372.28 0	1,500,635.8 55					594,372.43 1	1,500,635.9 55	0.000	BM-65
				128.610	45.266	136.343	70.3636	136.343	128.60959 26	45.265711			0.0064092 86	0.0040276 94	128.616	45.270				

28	BM-66	594500.88 9	1500681.1 20								594,500.89 0	1,500,681.1 21					594,501.04 7	1,500,681.2 25	0.000	BM-66
				122.249	-11.903	122.827	95.3340	122.827	122.24920 33	-11.90271			0.0057739 19	0.0036284 19	122.255	-11.899				
29	BM-67	594623.13 8	1500669.2 18								594,623.13 9	1,500,669.2 18					594,623.30 0	1,500,669.3 25	209.521	BM-67
				150.001	79.736	169.877	62.0023	169.877	150.00071 81	79.73624			0.0079856 71	0.0050183 18	150.009	79.741				
30	BM-68	594773.13 9	1500748.9 54								594,773.14 0	1,500,748.9 54					594,773.30 9	1,500,749.0 60	0.000	BM-68
				44.527	186.443	191.686	13.2555	191.686	44.526840 47	186.44321			0.0090108 81	0.0056625 75	44.536	186.449				
31	BM-69	594817.66 6	1500935.3 97								594,817.66 7	1,500,935.3 97					594,817.84 5	1,500,935.5 09	0.000	BM-69
				104.399	10.372	104.913	84.1935	104.913	104.39897 98	10.371914 24			0.0049318 08	0.0030992 23	104.404	10.375				
32	BM-70 GPS	594922.06 5	1500945.7 69								594,922.06 6	1,500,945.7 69					594,922.24 8	1,500,945.8 84	0.000	BM-70 GPS
				38.778	-74.459	83.952	152.292 3	83.952	38.778011 63	- 74.459124 24			0.0039464 62	0.0024800 17	38.782	-74.457				
36	BM-71 GPS	594960.84 3	1500871.3 10								594,960.84 4	1,500,871.3 10					594,960.85 3	1,500,871.3 25	0.000	BM-71 GPS
				1,450.93 7	1,878.62 0	3,892.909		3,892.909	1,450.937	1,878.620			0.183	0.115	1,451.12 0	1,878.73 5				

RESUMEN DE CALCULO.				
Longitud de la Poligonal (m).		3,892.909		
PARAMETROS ANGULARES..		G°. M. S.		G°.Decim.
Llegada Angular al par de Puntos ; BM-70 GPS BM-71 GPS		152.2923		152.4897222
Acimut Real Geodésico; GPS-03 GPS-4		152.3736		152.62667
Error Angular de Campo.		0.0814		0.1369444
Ajuste-error Angular para cierre.		0.0814		0.1369444
Error Angular a distribuir por punto.		0.0015		0.004027778
Distribución.				0.004027778
PARAMETROS LINEALES.		Coord. Este (X)		Coord. Norte (Y)
Coordenadas de llegada al Punto ; BM-70 GPS		594,922.065		1,500,945.769
Coordenadas Geodésicas Reales del Punto ; GPS-03		594,922.249		1,500,945.884
Diferencia-Error Real Lineal por Eje.		-0.184		-0.115
Error de cierre Lineal Resultante.		0.216925611		
Error de cierre Lineal a Distribuir en el Perimetro por Eje de Proyección .		4.72684E-05		2.9509E-05
PRESICIONES ALCANZADAS.			1/ 17,946.00	

VALORES RESULTANTES A PARTIR DE LA APLICACIÓN DEL FACTOR DE ESCALA A CADA UNA DE LAS COORDENADAS.

Coord. Este(X)	Coord. Norte(Y)
594,922.066	1,500,945.769
594,922.249	1,500,945.884
-0.183	-0.115
0.216134218	
4.70085E-05	2.95409E-05
1/ 18,012.00	

CONTROL FINAL DE LA POLIGONAL				
PUNTOS DE C ONTROL		RESUMEN RESULTADOS FINALES.		
		Coord. Este(X)	Coord. Norte(Y)	Elev (Z)
LLEGADA	BM-70	594,922.248	1,500,945.884	
AL PUNTO	GPS			
VALORES	BM-70	594,922.249	1,500,945.884	
REALES DEL	GPS			
PUNTO DE				
SALIDA				
DIFERENCIA ENTRE		-0.001	0.000	
VALORES DE				
LLEGADA Y REAL DE				
SALIDA.				

4.6.2. Estudio de suelos

Trabajos de campo

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de 31 sondeos manuales, con una profundidad de 1.50 m distribuidos a lo largo del camino investigado, con una separación entre sondeos de 250 m aproximadamente.

En todos los sondeos realizados se tomaron muestras alteradas, de los estratos de suelo encontrados, para ser ensayados posteriormente, con el fin de determinar los espesores a colocar en el camino investigado. Se tomaron, además, muestras para ensayos de CBR, cada 2.0 Km, de los sondeos efectuados.

También se tomaron muestras de 2 fuentes de materiales para ver si pueden suplir las necesidades del proyecto en este aspecto.

Trabajos de laboratorio

Las muestras obtenidas en los Sondeos realizados se sometieron a los siguientes ensayos de Laboratorio, de acuerdo a las Normas ASTM.

TIPO DE ENSAYE	DESIGNACION
Análisis Granulométrico de los Suelos	D-422

En base a los resultados obtenidos las muestras se clasificaron de acuerdo al Sistema H.R.B. (ASTM D-3282).

En el anexo de este informe se incluyen los resultados de los ensayos de Laboratorio realizados.

Sondeos de línea

De acuerdo a los resultados obtenidos los materiales predominantes a lo largo del camino investigado son Gravas y Arenas Arcillosas y Limosas, que clasifican, en el Sistema H.R.B., como A-2-6 y A-2-4, encontrándose en algunos Sectores estratos de Gravas y Arenas Limosas tipo A-1-b y A-1-a, así como, Suelos Limosos A-4 y A-5, Arenas Arcillosas A-2-7, y Suelos Arcillosos A-6, A-7-5 y A-7-6.

El índice de Grupo (IG) de los suelos predominantes es de “O” para los A-2-4, A-1-b y A-1-a; de 0 a 1 para los A-2-6, de 0-4 para los A-4; de 3 para los A-5; de 3 a 8 para los A-6 y de 1 a 15 para los A-7-5 y A-7-6, lo que es indicativo de una calidad que puede catalogarse como regular para cimentación de terraplenes o estructuras de pavimento.

Fuentes de materiales.

Las Fuentes de Materiales presentan las características siguientes:

Banco	Ubicación	% Que pasa Malla					LL	IP	C.B.R. a Compactac.	
		2”	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200			95	100
49+769 (José Torres)	Est. 49+769; 40 m Izquierda.	100	48	39	28	20	36	9	21	25
*Rosa Urbina	De Empalme Las Cruces 2950 m hacia Quilalí, 900 m derecha	56	10	6	4	2	29	8	34	50

* Material con exceso de sobre tamaño

4.6.3 Estudio de Tránsito.

En esta etapa se seleccionó una estación única de conteo dada las características del recorrido de la vía, sin intersecciones importantes, se recopilaban los datos por medio de aforos en la estación el cual, dado a una inspección visual por la revisión, es un punto intermedio en el tramo, no presenta mucho asentamiento y permite la visibilidad de todos los vehículos que transitan en el tramo en ambos sentidos. Se realizó 3 días de conteo en periodos de 12 horas por día. Iniciando a las 6:00 am y concluyendo a las 6:00 pm, dicho aforo tomado por separado para ambos sentidos sus datos serán usados para determinar el tránsito promedio diario, tipo de vehículos, número, tipo y peso de ejes.

Los formatos de los conteos manuales utilizados (Ver anexos, Tabla N° 64. Formato de Conteo Vehicular.pág. X), describen una secuencia por hora y dichas tomadas desde la hora de inicio que se realizó el conteo vehicular a las 6:00 am hasta la hora de finalización por día a las 6:00 pm. Los trabajos de campo se ejecutaron los días lunes 15/04/2024, martes 16/04/2023 y miércoles 17/04/2023.

Tipología vehicular

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha asignado que para vehículos que circulan a través de la infraestructura vial del país. Se clasificarán por uso y características del transporte que se podrá distinguir en la siguiente tabla. (Ver anexos, Tabla N° 63. Clasificación Vehicular MTI.pág.VII).

- **Vehículos de pasajeros:** Son destinados al transporte público de pasajeros de dos, cuatro, seis y más ruedas, incluyen microbuses pequeños, microbuses medianos, buses medianos y grandes.
- **Vehículos de carga:** Son aquellos vehículos que se utilizan para transporte de mercancías sea esta carga seca o líquida.
- **Equipo Pesado:** Son los vehículos de construcción y los agrícolas.
- **Otros:** Son remolques o tráiler pequeño halado por cualquier automotor o por tracción animal.

Clasificación de la carretera: **COLECTOR MENOR RURAL**

Procesamiento y análisis de información.

Volúmenes de tránsito

Con el objeto de obtener resultados adecuados para realizar una revisión en el tráfico actual de la vía, se ejecutó el conteo vehicular en el cual se clasificó por parte de la revisión un 100 por ciento de los vehículos que circulaban en la vía en ambas direcciones de la estación de conteo.

Ecuación 28. Transito promedio diario diurno

$$TPDi = \frac{\textit{Acumulado de conteo vehicular por tipo de vehiculo}}{\textit{Cantidad de dias del aforo}}$$

Tabla 26. Recolección de datos del aforo realizado.

Tramo: Monte Cristo-Las cruces																		Total
DIA	Vehículos pasajeros							Vehículos de carga							Otros vehículos Pesados			
	Motos	Vehículos livianos			Autobuses			Camiones			Camión remolques Cx-Rx		Tráiler Articulado					
		Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camión ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agrícolas	Construcción	Otros	
15/4/2024	561	18	4	52	0	2	3	26	4	2	20	4	2	3	0	0	0	701
16/4/2024	573	23	5	49	0	4	2	24	5	3	17	1	24	5	0	0	0	735
17/4/2024	584	38	2	47	3	4	2	21	3	4	15	4	21	5	0	0	0	753
TPDis	573	26	4	49	1	3	2	24	4	3	17	3	16	4	0	0	0	730
%Vehiculo	78%	4%	1%	7%	0%	0%	0%	3%	1%	0%	2%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	100%

A continuación, se presentará el resumen de aforo vehicular y tránsito promedio diario, de los datos recopilados en ambas bandas en el tramo de carretera Montecristo las cruces-Quilali.

Tabla 27. Resumen de aforo en sitio.

DIA	Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga							Otros vehiculos Pesados			Total
	Motos	Vehiculos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado					
		Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agrícolas	Construcción	Otros	
15/4/2024	561	18	4	52	0	2	3	26	4	2	20	4	2	3	0	0	0	701
16/4/2024	573	23	5	49	0	4	2	24	5	3	17	1	24	5	0	0	0	735
17/4/2024	584	38	2	47	3	4	2	21	3	4	15	4	21	5	0	0	0	753
TPDis	573	26	4	49	1	3	2	24	4	3	17	3	16	4	0	0	0	730
%Vehiculo	78%	4%	1%	7%	0%	0%	0%	3%	1%	0%	2%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	100%

Como dato importante para el cálculo del TPD_i resultante, se descartó la presencia de bicicletas y caponeras que no fuesen del tipo automotor, por ende, el valor para el tránsito promedio diario sin tomar en consideración este dato fue 730 veh/día. Este resultado es preliminar y vital por parte de la revisión para la obtención de TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual)

Selección de la estación de mayor cobertura (EMC)

Para definir la estación de mayor cobertura es importante conocer el perfil de variación en el flujo vehicular en el tramo en revisión con el objeto de reconocer la afinidad que esta tiene con una EMC correspondiente usando como parámetro comparativo los registros perfil de variación en el flujo vehicular en las EMC que se tienen hasta la fecha más actual en el anuario de tráfico publicado por el MTI.

Se tienen los siguientes resultados del aforo vehicular ejecutado por la revisión, teniendo en cuenta la tipología vehicular vigente aprobada por el MTI (Ver Anexo Tabla N° 71. Porcentaje vehicular de Estaciones de Mayor Cobertura. Pág.XIV).

Tabla 28. Composición de flujo vehicular en 2024 en el tramo de estudio.

																			Total
DIA	Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga							Otros vehiculos Pesados				
	Vehiculos livianos				Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado						
	Motos	Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agrícolas	Construcción	Otros		
TPDis	573	26	4	49	1	3	2	24	4	3	17	3	16	4	0	0	0	730	
%Vehiculo	78%	4%	1%	7%	0%	0%	0%	3%	1%	0%	2%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	100%	

Comportamiento del trafico	
% Vehiculo liviano	90%
% Vehiculo Pesado	10%

Por ende, la EMC seleccionada por la revisión fue la estación 1802, San Marcos – Masatepe dado que su composición de tráfico por tipología vehicular es compatible con la de los resultados del tramo en revisión, cabe destacar que esta es la estación que cuenta con una predominancia en vehículos livianos semejante al tramo en revisión.

Dado que el aforo vehicular se realizó en el mes de enero del año 2023, se procederá a usar los factores de ajuste correspondiente al primer cuatrimestre del año enero-abril.

Tabla 29. Factores de ajuste de la estación 1802. San Marcos-Masatepe.

Descripción	Vehículo pasajeros							Vehículos de carga						Otros vehículos Pesados		
	Motos	Vehículos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado			
		Autos	Jeep/SUV	Camioneta	Microbus	Mbus>15P	Grande	Camion liger	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agrícolas	Construcción
Factor día	1.34	1.29	1.18	1.25	1.23	1.14	1.38	1.15	1.2	1.21	1	1	1	1	1	1
Factor semana	0.95	0.96	1	0.97	0.92	0.93	0.89	0.91	0.83	0.86	1	1	1	1	1	1
Factor de expansión a TPDA	1.15	1.15	1.35	1.13	1.2	1.23	1.16	1.15	1.04	1.27	1	1	1	1	1	1

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (2020)

Luego de identificar los valores para los factores de ajuste, procedimos a recalcular el TPDA para el tramo en revisión, utilizando la siguiente ecuación:

$$TPDA = TD * Factor\ semana * Factor\ de\ expansión\ (TPDA).$$

Donde: TPD = Tránsito Promedio Diario TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

Se realizó el cálculo utilizando la ecuación N°11 y por medio de los factores de ajustes asignado por la estación de mayor cobertura facilitado por el anuario de aforos de tráfico del MTI se ha obtenido los siguientes resultados:

Tabla 30. Cálculo de tránsito promedio diario anual (TPDA)

Descripción	Vehículo pasajeros							Vehículos de carga							Otros vehículos Pesados			
	Motos	Vehículos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado		Agrícolas	Construcción	Otros	
		Autos	Jeep/SUV	Camioneta	Microbus	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes				
TPDis	573	26	4	49	1	3	2	24	4	3	17	3	16	4	0	0	0	730
Factor día	1.34	1.29	1.18	1.25	1.23	1.14	1.38	1.15	1.2	1.21	1	1	1	1	1	1	1	
Factor semana	0.95	0.96	1	0.97	0.92	0.93	0.89	0.91	0.83	0.86	1	1	1	1	1	1	1	
Factor de expansión a																		
TPDA	1.15	1.15	1.35	1.13	1.2	1.23	1.16	1.15	1.04	1.27	1	1	1	1	1	1	1	
TPDA	838	38	6	68	1	4	3	28	4	4	17	3	16	4	0	0	0	1035
% TPDA	81%	4%	1%	7%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	1.00

El TPDA calculado para el año 2024, será de **1035 veh/día**, con este dato ya podremos corroborar si las proyecciones del diseñador se correlacionan con los estudios actualizados brindados por esta revisión.

Tasas de crecimiento

Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito de la vía en estudio se analizarán las siguientes variables: PIB (Producto Interno Bruto), tasa de crecimiento poblacional de la zona y el historial del tránsito en la zona según datos recopilados por el MTI.

Procederemos a calcular la tasa de crecimiento año con año utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 29. Tasa de crecimiento

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100$$

Donde: TC = Tasa de Crecimiento Año n = Año actual Año n-1= Año anterior

La media geométrica es la más recomendada para mostrar los cambios porcentuales en una serie de números positivos y calcular la tasa de crecimiento porcentual promedio a través del tiempo (Webster, Allen L, 2000, p.45).

Ecuación 30. Media geométrica

$$MG = \left[(TC1 * TC2 \dots * TCn)^{\frac{1}{n}} \right]$$

Donde: MG = Media geométrica n = número de tasas de crecimiento

Proyección de tránsito promedio Diario Anual (TPDA)

1. Producto Interno Bruto (PIB)

Es una medida agregada que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios finales de un país durante un período que normalmente es de un año, a partir de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos

históricos existentes del PIB (Producto Interno Bruto) de los últimos 17 años, donde se aprecia el comportamiento histórico (2006 - 2022).

Tabla 31. Historial de producto interno Bruto Nicaragua (2006-2022)

Tasa de crecimiento del PIB		
Año	PIB	Tasa de Crecimiento (%)
2006	118,837.70	
2007	124,870.30	5.08
2008	129,160.50	3.44
2009	124,907.70	-3.29
2010	130,416.30	4.41
2011	138,654.20	6.32
2012	147,661.40	6.50
2013	154,936.80	4.93
2014	162,351.30	4.79
2015	170,131.60	4.79
2016	177,894.90	4.56
2017	186,133.60	4.63
2018	179,873.30	-3.36
2019	174,662.60	-2.90
2020	171,577.60	-1.77
2021	189,331.10	10.35
2022	196,432.50	3.75
Tasa PIB		5.08

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas (2022).

$$Tasa\ PIB = ([5.08 * 3.44 * -3.29 * 4.41 * 6.32 * 6.50 * 4.93 * 4.79 * 4.79 * 4.56 * 4.63 * -3.36 * -2.90 * -1.77 * 10.35 * 3.75])^{1/12} - 1 * 100 = 5.08\%$$

2. Tasa de crecimiento poblacional

Tabla 32. Historial del crecimiento poblacional

Año	POB (millones hab.)	Tasa de crecimiento %
2006	142,945	
2007	144,712	1.236
2008	146,477	1.220

2009	148,233	1.199
2010	149,982	1.180
2011	155,709	3.818
2012	158,020	1.484
2013	160,043	1.280
2014	162,086	1.277
2015	164,146	1.271
2016	166,226	1.267
2017	168,329	1.265
2018	170,447	1.258
2019	172,587	1.256
2020	176,920	2.511
2021	176,920	0.000
2022	181,328	2.492
Tasa poblacional		1.412

Fuente: Anuario Estadístico INIDE (2006-2022)

3. Tasa de Crecimiento Vehicular.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio.

Tabla 33. Historial de crecimiento del TPDA

Año	TPDA (ECD 140)
1999	17
2002	17
2005	27
2010	108
2012	178
2018	272

Fuente: Anuario de aforos del 2018.

Formula que se usó:

$$Tc = \left(\frac{TPDA\ i}{TPDA\ o} \right)^{1/n}$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento.

TPDAi: Tráfico promedio diario actual.

TPDA0: Tráfico promedio diario del año

base. n: La diferencia de años.

Ejemplo:

Tasa de crecimiento del 2012-2018

$$TC_{2012-2018} = \left(\frac{272}{178} \right)^{\frac{1}{2018-2012}} = 1.073$$

Tasa del TPDA:

$$Tasa\ TPDA: (1 + 1.167 + 1.320 + 1.284 + 1.073)^{1/5} - 1 * 100 = 1.624\%$$

Tabla 34. Historial del crecimiento del TPDA

Año	TPDA (ECD 140)	TASA
1999	17	
2002	17	1
2005	27	1.167
2010	108	1.320
2012	178	1.284
2018	272	1.073
	TASA	1.624%

Tasa de crecimiento EMC

Utilizando los datos provenientes del Anuario de Aforos de Tráfico 2018 se obtuvo la tasa de crecimiento de TPDA de la Estación Maestra que se utilizó en esta revisión, la cual corresponde al 6.74% al año 2018 la cual es la tasa de crecimiento más actual del que se tiene registro para la Estación 1802, San Marcos – Masatepe.

Tasa de crecimiento final

La tasa de crecimiento a utilizar en la revisión está dada con el objeto de determinar una tasa óptima para proyectar el tránsito en el tramo en estudio, realizamos una media aritmética de todas las tasas obtenidas dando como resultado una tasa del 3.714%

Tabla 35. Tabla resultados, tasa de crecimiento final

Tasa de crecimiento	
Tasa final TPDA	1.624
Tasa PIB	5.08
Tasa EMC	6.74
Tasa Poblacional	1.412
Media Aritmética	3.714

Periodo de Diseño

Tabla 36. Periodos de diseño

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales suburbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 – 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA 2001. Cap. 1.2. Pag.10

Tránsito de diseño

El parámetro más crucial a determinar en el estudio de tránsito elaborado por la revisión será el tránsito de diseño ya que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tráfico actual, así como en los incrementos de tránsito que se espera que se utilicen en la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro.

El tránsito proyectado se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 31. Tránsito de diseño

$$TD = TPDA_{2022} * FC * FD * Fc$$

Donde:

TD= Tránsito de Diseño.

TPDA= Tránsito Promedio Diario Anual (2022).

FC= Factor de Crecimiento.

FD= Factor de Distribución Direccional.

Fc= Factor de Distribución por Carril.

$$FC = \left[\frac{(1 + 3.714\%)^{20} - 1}{3.714\%} \right] * 365 = 10,552.06$$

Factor de distribución por dirección (FD)

Tabla 37. Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual de diseño de estructura de pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 3, P. 28.

El número de la vía en estudio es de 2 carriles por lo tanto el valor del factor de distribución por dirección (FD) sería de 0.5

Factor por distribución de carril

La vía en estudio será diseñada con un carril por dirección, por lo tanto, se asignará el valor de 1, valor seleccionado de la siguiente tabla.

Tabla 38. Factor de distribución por carril.

Número de carriles en una sola dirección	LC ¹¹
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Manual de diseño de estructura de pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 3, P. 29.

Tránsito de Diseño

Tabla 39. Tránsito de diseño 2044

Tipo de vehículos	Transito actual 2024	Factor crecimiento Fc	Factor dirección Fs	Factor carril FC	Transito Proyectado
Autos	38	10552.06	0.5	1.00	200489.14
Jeep/SUV	6	10552.06	0.5	1.00	31656.18
Camioneta	68	10552.06	0.5	1.00	358770.04
Microbus	1	10552.06	0.5	1.00	5276.03
Mbus>15P	4	10552.06	0.5	1.00	21104.12
Grande	3	10552.06	0.5	1.00	15828.09
Camion Ligero	28	10552.06	0.5	1.00	147728.84

C2	4	10552.06	0.5	1.00	21104.12
C3	4	10552.06	0.5	1.00	21104.12
Cx-RX ≤4 ejes	17	10552.06	0.5	1.00	89692.51
Cx-RX ≥5 ejes	3	10552.06	0.5	1.00	15828.09
TX-RX≤4 ejes	16	10552.06	0.5	1.00	84416.48
Tx-Sx ≥5 ejes	4	10552.06	0.5	1.00	21104.12
Construcción	0	10552.06	0.5	1.00	0
Agrícolas	0	10552.06	0.5	1.00	0
Tránsito de Diseño					1034101.88

Para el cálculo del tránsito de diseño previamente descrita, con la cual se obtuvo los siguientes resultados.

4.6.4. Diseño Geométrico Vial

Datos de la carretera

El sitio del proyecto presenta una topografía montañosa, predominan pendientes desde 8 % hasta pendientes máximas de 40 %. Actualmente existe un camino de material granular con un ancho promedio de 4 m a 8 m, que consta con un sistema de drenaje menor con diámetros de 30",36" y 42", cajas y vados, los cuales no cumplen con el diámetro mínimo requerido. Además, carece de cunetas que junto al deficiente drenaje transversal ocasionan que el escurrimiento superficial se concentre en el rodamiento ocasionando erosión. El Derecho de vía proyectado es de 30 m. A lo largo de la ruta prevista se puede apreciar la existencia de zonas urbanas y rurales las cuales deben ser valoradas como parte integral del diseño en el análisis de afectaciones, y viabilidad del proyecto.

Uso de suelos

El corredor en estudio se localiza entre dos Municipios Matriz y Nueva Segovia, los municipios se caracterizan por tener un clima Monzónico Tropical, cuenta con una

Bahías

Así mismo se proyectan la construcción de 4 bahías de buses (ambas bandas), las cuales están ubicadas, en las zonas de mayor demanda tal como se muestra el detalle de ubicación en la siguiente tabla:

Tabla 40. Ubicación de Bahías de Bus del Proyecto

CASETA PARA BAHIAS DE BUSES MONTECRISTO LAS CRUCES				
COMUNIDAD	BAHIA No.	EST. INICIO	EST.FINAL	BANDA
LA QUEBRADITA	1	EST. 0+000.000	Hacia las cruces	BD
	2	EST. 0+000.000	Hacia Rio coco y la Dalia	BI
CENTR ESCOLAR RUBEN DARIO	3	EST. 1+250.400	EST. 1+346.400	BI
COMUNIDAD BUENA VISTA	4	EST. 3+626.450	EST. 3+722.450	BD

El tipo de bahía a usar en cada sitio se definió en base a las condiciones topográficas y disponibilidad de espacio, en los sectores de mayor demanda de pasajeros, de conformidad a los resultados de tráfico (sube-baja de pasajeros) y resultado de estudio social. Estas serán aplicadas de acuerdo con la normativa de la bahía aprobada por el MTI, tal como se muestra en la siguiente figura:

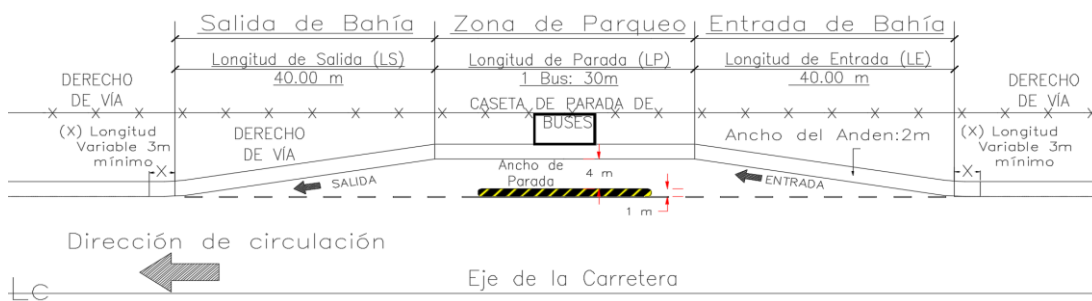


Figura 25 Diseño de Bahía Típica

4.6. 4 DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL DEL PROYECTO

El diseño geométrico vial del proyecto se realizó a nivel de gabinete sobre planos topográficos del trazado de la vía seleccionado por MTI, conteniendo la configuración del terreno de manera tridimensional a través de las curvas de nivel a intervalos de 50 cm, del terreno natural, con los detalles de la infraestructura existente en dicho corredor; lo cual permitió alcanzar los siguientes objetivos:

1. El diseño geométrico vial se realizó aplicando las normas generales de diseño establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA 2011). Para la señalización y seguridad vial se utilizó el Manual de dispositivo uniforme para el control del tráfico, SIECA 2004.
2. Todo el trazo del diseño geométrico vial fue realizado a nivel de gabinete conforme a las normas generales de diseño que fueron previamente establecidas y aprobadas por el MTI.
3. El vehículo de diseño considerado fue el T3-S2 (WB-15) según la norma AASHTO 2011, para el diseño de autopistas y carreteras.
4. El replanteo del eje proyectado del trazado se realizó tomando en cuenta el eje de la carretera existente partiendo de BM y mojones entregados por el MTI.

Vehículo de diseño

Los controles claves en el diseño geométrico de carreteras, son las características físicas y las de vehículos de varios tamaños utilizando las carreteras.

Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de funcionamiento, son usados para establecer controles de diseño en el acomodamiento del mismo en la vía, estos son conocidos como vehículo de diseño.

Para el mejoramiento del tramo en estudio el vehículo de diseño seleccionado fue el T3-S2 (WB-15). Las dimensiones, radio de giro y características físicas se pueden observar en las siguientes imágenes:

Figura 26 Dimensiones, radio de giro del T3-S2

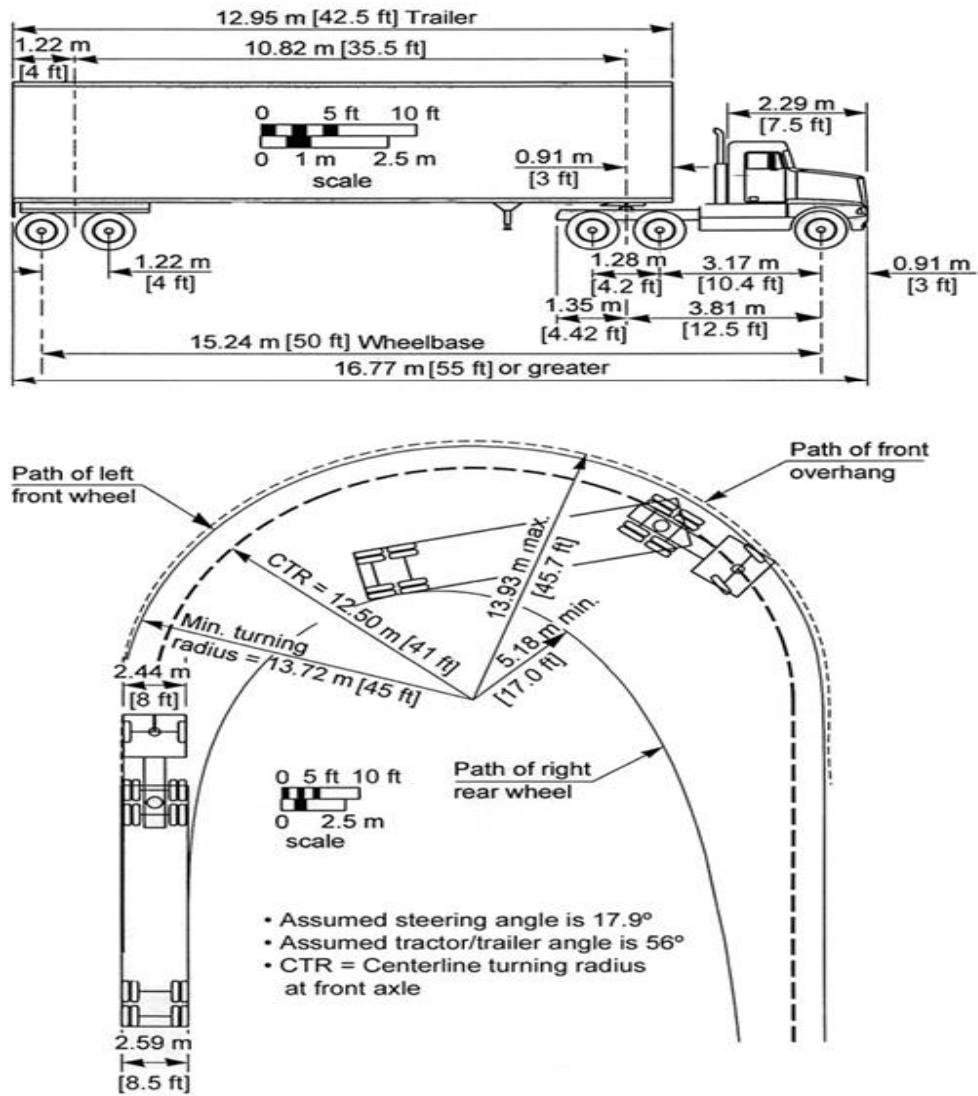


Tabla 41. Dimensiones del vehículo de diseño

Vehículo de Diseño	Símbolo	Radio de Giro Mínimo de Diseño (m)	Radio en la Línea Central RMG (m)	Radio Interior Mínimo (m)
Vehículo Liviano	P	7.30	6.40	4.40
Camión	SU	12.80	11.60	8.60
Bus	BUS-14	13.70	12.40	7.80
Bus Articulado	A-BUS	12.10	10.80	6.50
Cabezal con Semirremolque	WB-15	13.70	12.50	5.20
Cabezal con Semirremolque	WB-19	13.70	12.50	2.40
Cabezal con Semirremolque	WB-20	13.70	12.50	1.30

Fuente: Sieca 2011. Cap 2 Pag 38

Clasificación funcional de la carretera

El trazo de la carretera se inicia del hospital España y termina en la comunidad La tejana. El TPDA para diseño se ubica entre los 3,000 y 500 vehículos promedio diario para ser exacto 1036. La carretera se clasifica según SIECA como Colectora menor rural debido a que se determinó en el estudio de tránsito capítulo III (Ver Tabla 29 de Calculo promedio diario anual (TPDA. Pag 94) Con un TPDA proyectado a 20 años.

Tabla 42. Clasificación funcional de la carretera en diseño

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: Sieca 2011, Cap 1. Pag 33.

Velocidad de diseño

Siendo conservadores se seleccionó un rango de velocidad designada por el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) 2011, indica que la velocidad de diseño en carreteras colectoras rurales el rango de velocidades de diseño está en intervalos entre 30 a 80 Kph. En este diseño geométrico se usará una velocidad intermedia de 30 Kph sometido a la seguridad en la zona.

Elementos de diseño

Distancia de visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada es la suma de dos distancias: (1) la distancia recorrida por el vehículo desde el momento que el conductor percibe el peligro hasta que aplica el pedal del freno; y (2) la distancia para detener el vehículo desde el instante que aplica los frenos. Estas distancias se conocen como distancia de

percepción-reacción y la distancia de frenado respectivamente, y se calculan con la siguiente expresión:

Ecuación 32. Distancia de visibilidad de parada.

$$d = 0.278 * Vt + 0.039 * \frac{V^2}{a}$$

Donde: V, es la velocidad de diseño, t: el tiempo de reacción (2.5 seg), a, la tasa de desaceleración (3.4 m/seg²)

Cuando la carretera está en una pendiente longitudinal, la ecuación de distancia de visibilidad de parada debe modificarse y calcularse con la siguiente expresión:

$$d = 0.278 * Vt + \frac{V^2}{254((\frac{a}{9.81} \pm G))}$$

Donde: G % Pendiente (M/M), V, es la velocidad de diseño, t tiempo de reacción (2.5 seg) y a, la tasa de desaceleración (3.4 m/seg²)

Tabla 43. Distancia de visibilidad de parada horizontal y pendiente vertical

VELOCIDAD (KPH)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
PENDIENTE EN ASCENSO +i%	12	17	29	41	56	72	90	110	131	154	179	205
	11	17	29	42	57	73	91	111	133	156	181	208
	10	17	29	42	57	74	92	112	134	158	184	211
	9	18	29	43	58	75	93	114	136	160	186	214
	8	18	30	43	58	75	94	115	138	162	189	217
	7	18	30	43	58	76	95	117	139	164	191	220
	6	18	30	44	59	77	97	118	141	167	194	223
	5	18	30	44	60	78	98	119	143	169	197	227
	4	18	30	44	60	79	99	121	145	172	198	231
	3	19	31	45	61	80	100	123	148	174	203	234
	2	19	31	45	62	81	102	125	150	177	207	239
	1	19	31	46	63	82	103	127	152	180	210	243
CALCULADO HORIZONTAL	0	18.5	31.2	46.2	63.4	83.0	104.9	129.0	155.5	184.2	215.2	248.6
REDONDEADO HORIZONTAL	0	20	35	50	65	85	105	130	160	185	220	250
PENDIENTE EN DESCENSO -i%	1	20	32	47	64	85	106	131	158	187	218	252
	2	20	32	48	65	85	108	133	161	191	223	257
	3	20	32	50	66	87	110	136	164	194	227	263
	4	20	33	50	67	88	112	138	167	198	232	269
	5	20	33	50	68	90	114	141	171	203	238	275
	6	20	35	50	70	92	116	144	174	207	243	281
	7	20	35	51	71	93	119	147	178	212	249	289
	8	20	35	52	72	95	121	151	183	218	256	297
	9	20	35	53	74	97	124	154	187	223	262	304
	10	21	36	53	75	99	127	158	192	230	270	314
	11	21	36	54	77	102	131	163	198	236	279	323
	12	21	37	56	78	105	134	167	204	244	287	334

Fuente: Sieca 2011, Cap 3. Pag 77.

Alineamiento Horizontal

La representación en planta del eje de la vía, están constituidas por rectas o alineamientos rectos que se conectan entre sí, generalmente por curvas circulares que proporcionan el correspondiente cambio de dirección que mejor se acomode al correcto funcionamiento de la vía. Dichas curvas, además, deben ser fáciles de localizar en el terreno y económicas en su construcción

4.6.2. Sobreancho en curvas

En carreteras con carriles de 3.35 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobreanchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía.

Para establecer el sobreancho en curvas se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

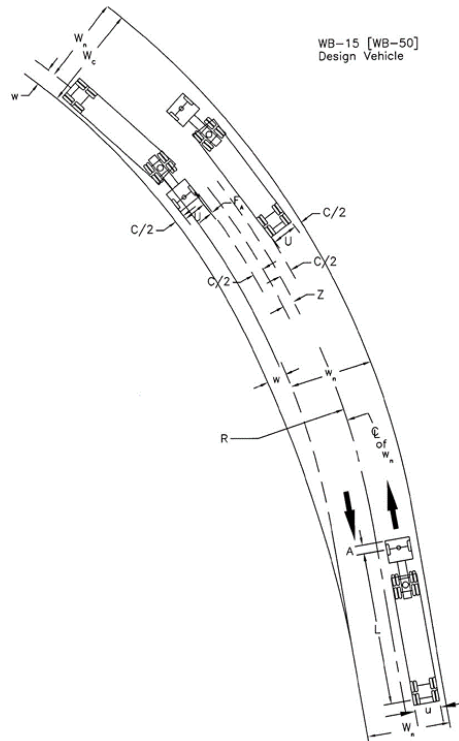
a) En alineamientos horizontales con curvas circulares sin curva de transición, el sobreancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.

Debe utilizarse la “transición de tangente a curva” para efectuar la transición del peralte, calculándose esta longitud mínima. Esta distancia de transición puede utilizarse también para distribuir el sobreancho, repartiéndose en la tangente de entrada en el rango de 50 a 60 por ciento y el rango restante en la curva circular, manteniéndose el sobreancho máximo en la curva circular hasta la transición en la salida, la cual debe ser simétrica con la entrada. El rango entre 50 y 60 por ciento en que se distribuya el peralte debe ser el mismo para distribuir el sobreancho a fin de que el diseño sea consistente.

b) Cuando existen curvas de transición entre la tangente y la curva circular, el sobreancho se distribuye a lo largo de la curva de transición, dividiéndose la mitad del sobreancho entre los bordes interno y externo de la curva.

La siguiente figura muestra la ubicación de estos componentes

Figura 27 Componentes del Sobreancho en Curvas de Carreteras



La fórmula general para calcular el ancho necesario en curva, W_c es:

$$W_c = N(U + C) + (N - 1)F_A + Z$$

Donde: N = número de carriles, U = ancho de la huella del vehículo de diseño (exterior a exterior de llantas), m, C = Claro lateral, m, F = Ancho de saliente frontal en el carril interior, m, y Z = Ancho extra recomendable, m

$$U = U + R - \sqrt{R^2 - \sum L_i^2}$$

Donde: U es ancho de la huella del vehículo en curva, m, u es ancho de la huella del vehículo de diseño (exterior a exterior de llantas), m, R es Radio de la curva o giro, m y L_i es Distancia entre ruedas del vehículo de diseño, entre ejes consecutivos (o conjunto de ejes en tándem), m.

El claro lateral recomendable, C, es asumido de 0.60, 0.75 y 0.90 m para anchos de rodadura en tangente de 6.00, 6.50 y 7.20 m.

$$F_A = \sqrt{R_2 + A(2L + A) - R}$$

Donde:

A = Saliente frontal del eje del vehículo, en el carril interior, m, L = Distancia entre ruedas de la unidad o del remolque, m

$$Z = 0.1 \left(\frac{V}{\sqrt{R}} \right)$$

Donde:

V = Velocidad de diseño de la carretera, KPH

En los Cuadros 3-14 (a) y 3-14 (b), se muestran los valores asumidos para condiciones de diseño del camión T3-S2 (WB-15) en una carretera de dos carriles.

En la selección del sobreancho en curvas se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Sobreanchos menores de 0.60 metros, no son necesarios en las curvas.
- Los sobreanchos calculados que se muestran en el Cuadro 3.14(a) son para carreteras de dos carriles.
- En carreteras de tres carriles los sobreanchos mostrados en el Cuadro anterior deben afectarse por un factor de 1.5 y en carreteras de cuatro carriles multiplicar las cifras del Cuadro por 2.
- Los datos del Cuadro 3.14 (a) fueron calculados para el vehículo T3-S2 (WB-15), para otros vehículos de diseño, los ajustes mostrados en el Cuadro 3.14 (b) deben utilizarse.

Figura 28. Valores de Diseño para Sobreancho en Curvas de Carreteras (Dos Carriles. Una o Dos Vías)

Radio de Curva	Ancho de Calzada = 7.20 m						Ancho de Calzada = 6.60 m						Ancho de Calzada = 6.00 m					
	Velocidad de Diseño (KPH)						Velocidad de Diseño (KPH)						Velocidad de Diseño (KPH)					
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
1500	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
1000	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
900	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9
800	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
700	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
600	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
500	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
300	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
250	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9		0.9	1.0	1.1	1.1	1.2		1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	
200	0.8	0.9	1.0	1.0			1.1	1.2	1.3	1.6			1.4	1.5	1.6	1.6		
150	1.1	1.2	1.3	1.3			1.4	1.5	1.6	1.6			1.7	1.8	1.9	1.9		
140	1.2	1.3					1.5	1.6					1.8	1.9				
130	1.3	1.4					1.6	1.7					1.9	2.0				
120	1.4	1.5					1.7	1.8					2.0	2.1				
110	1.5	1.6					1.8	1.9					2.1	2.2				
100	1.6	1.7					1.9	2.0					2.2	2.3				
90	1.8						2.1						2.4					
80	2.0						2.3						2.6					
70	2.3						2.6						2.9					

FUENTE: AASHTO, 2004, pp. 211.

NOTAS: Los valores mostrados son para vehículo de diseño WB-15

Valores menores de 0.6 pueden ser despreciados

Para carretera de 3 carriles, multiplique los valores indicados por 1.5

Para carretera de 4 carriles, multiplique los valores indicados por 2

Cuadro 3.14(a) Valores de Diseño para Sobreancho en Curvas de Carreteras (Dos Carriles, Una o Dos Vías)

Figura 29. Ajuste para Diseño de Sobreancho en Curvas de Carreteras (Dos Carriles. Una o Dos Vías)

Radio de Curva (m)	VEHÍCULO DE DISEÑO						
	SU	WB-12	WB-19	WB-20	WB-20D	WB-30T	WB-30T
3000	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2500	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2000	0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1500	-0.4	-0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
1000	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
900	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
800	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
700	-0.4	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3
600	-0.5	-0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3
500	-0.5	-0.4	0.1	0.2	0.0	0.1	0.4
400	-0.5	-0.4	0.2	0.2	0.0	0.1	0.5
300	-0.6	-0.5	0.2	0.3	-0.1	0.1	0.6
250	-0.7	-0.5	0.2	0.3	-0.1	0.1	0.8
200	-0.8	-0.6	0.3	0.4	-0.1	0.2	1.0
150	-0.9	-0.7	0.4	0.6	-0.1	0.2	1.3
140	-0.9	-0.7	0.4	0.6	-0.1	0.2	1.4
130	-1.0	-0.7	0.5	0.6	-0.2	0.2	1.5
120	-1.1	-0.8	0.5	0.7	-0.2	0.3	1.6
110	-1.1	-0.8	0.6	0.8	-0.2	0.3	1.7
100	-1.2	-0.9	0.6	0.8	-0.2	0.3	1.9
90	-1.3	-0.9	0.7	0.9	-0.2	0.3	2.1
80	-1.4	-1.0	0.8	1.1	-0.2	0.4	2.4
70	-1.6	-1.1	0.9	1.2	-0.3	0.5	2.8

FUENTE: AASHTO, 2004, pp. 213

NOTAS: Los ajustes se aplican por sumar o restar estos valores a los indicados en el Cuadro 3-12(a)

Los ajustes dependen únicamente del radio y del vehículo de diseño: son independientes del ancho de rodadura y de la velocidad de diseño.

Para carretera de 3 carriles, multiplique los valores indicados por 1.5

Para carretera de 4 carriles, multiplique los valores indicados por 2

Cuadro 3.14(b) Ajuste para Diseño de Sobreancho en Curvas de Carreteras (Dos Carriles, Una o Dos Vías)

Para el caso del mejoramiento del tramo en estudio los sobreanchos calculados menores de 0.6m se despreciaron conforme a lo que indica la norma SIECA 2011 por caracterizarse de alineamiento de amplios radios de curvatura y el sobreancho máximo considerado fue de 1.20 m. Se adjunta a este informe tablas de cálculos.

4.6.3. Peralte

Las tasas de peralte son aplicadas sobre el rango de curvatura para cada velocidad de diseño y se calculan para su aplicación en el diseño de las carreteras. Para cada una de ellas se determina la máxima curvatura y la tasa de peralte correspondiente para curvas más suaves.

Para el mejoramiento del tramo en estudio, se seleccionó para el diseño un peralte máximo del 6% para la zona urbana y zona rural. Se adjunta a este informe cálculo de peralte según radio de curva.

4.6.4. 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. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura, en el Cuadro 4.1 se presentan los rangos recomendables.

Figura 30. Bombeo Normal de la Calzada

Tipo de Superficie	Rango de Pendiente Transversal
Alto	1.5-2.0
Bajo	2.0-6.0

FUENTE: AASHTO-2004, pp. 310

Cuadro 4.1. BOMBEO NORMAL DE LA CALZADA

Los pavimentos de tipo alto son aquellos que mantienen superficies lisas y propiedades antideslizantes en todo tipo de clima, y que, sometidos a cargas de altos volúmenes de tráfico pesado, requieren poco mantenimiento.

Los pavimentos de tipo bajo son los que están formados por superficies de terracería, sin tratar o tratadas mediante la inclusión de agregados pétreos.

Para el “Diseño hidro técnico y geométrico vial del tramo de carretera San Juan de Rio coco las cruces, Quilali departamentos de Madriz y Nueva Segovia”, el bombeo seleccionado fue del 3.00%.

4.6.5. Radio de curvatura

En calles urbanas donde la velocidad es relativamente baja y variable, se puede minimizar el uso del peralte para las curvas horizontales. Donde la demanda de fricción lateral excede el factor asumido de fricción lateral para la velocidad de diseño, peralte, dentro del rango de la pendiente de la sección normal (bombeo) al peralte máximo es proveído. En base al máximo factor de fricción disponible, el cuadro a continuación muestra el radio mínimo para distintas velocidades de diseño.

Figura 31. Tabla de Peraltes y Bombeos

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

Para el mejoramiento del tramo en estudio se definieron dos velocidades 30 kph el radio de curvatura mínimo, factor de fricción máxima y un grado de curvatura, las que se muestran remarcados en la tabla anterior.

4.6.6. Hombros

Los hombros son el espacio de la carretera que continua a los carriles de circulación, que tiene como objetivos, dar un espacio de seguridad en caso de vehículos con desperfectos, dar confianza al conductor al proporcionar un ancho adicional a la zona de rodamiento, mejoran la visibilidad en los tramos en curva, sirven de soporte lateral

a la zona de circulación, protegen contra la humedad y proporcionan un confinamiento lateral al pavimento de los carriles de circulación.

Para el caso del mejoramiento del corredor en estudio, se ha seleccionado un ancho de hombro de 1.20m. (ver cuadro 4.2 SIECA 2011)

Figura 32. Anchos Mínimos de Hombros 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	-	-	-

* Solamente con mediana

Cuadro 4.2. ANCHOS MÍNIMOS DE HOMBROS Y ACERAS

Establecimiento de Normas de Diseño

Para la realización del proyecto de carretera se realizó la recopilación y obtención de una determinada información técnica y de criterios técnicos de diseño; en este caso la velocidad de diseño o velocidad de proyecto, a partir de la cual se definieron los restantes elementos que conformarán dichas normas, fue de 30 kph.

Partiendo del hecho que el MTI posee una definición de clasificación funcional de las carreteras, se propuso utilizar esta clasificación funcional para definir la categoría de la vía en estudio y con ello proceder a definir las normas de diseño geométrico, resultando una clasificación de colector principal.

La velocidad de diseño seleccionada para establecer las normas generales, obedeció principalmente a la importancia que tendrá el tramo de carretera en estudio, que en este caso se establece en los "Términos de Referencia".

Posteriormente se definió la sección transversal típica de la carretera, partiendo del valor establecido en los estudios de tránsito, para 2 (carriles), 1(Uno) en cada sentido. A partir de los mismos datos y complementado con el "Manual Centroamericano de

Diseño Geométrico de Carreteras de SIECA 2011", se verificó el valor de ancho de carril, resultando carriles de 3.50m de ancho; más hombros de 1.20 de ancho a cada lado.

NORMAS DE DISEÑO ZONA RURAL

PRESENTADO PARA:
Dr.Nestor Lanzas



PRESENTADO POR:

Br.Luis Jimenez
Br.Francisco González
Br.Danys Reyes

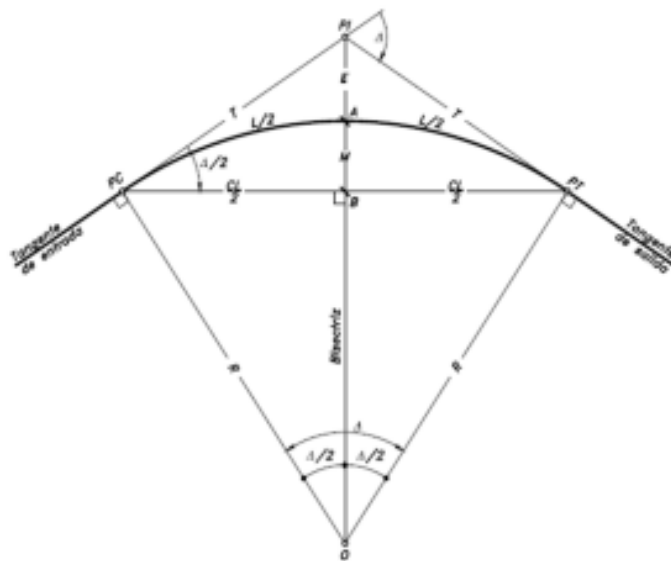
“Diseño hidrotecnico y geométrico vial del tramo de carretera San Juan de Rio Coco-Las cruces, Quilali longitud de 7.6 km entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia”

Item	Descripción / Parámetro	Forma	Unidad	Valores
1	CLASIFICACION FUNCIONAL(Sieca 2011, pag.33)	COLECTOR	(SIECA) / COLECTOR MENOR RURAL	CAMINO VECINAL (MTI)
2	Ancho del Derecho de vía(Sieca 2011, pag.128-130)	ADV	m	20
3	Velocidad de Diseño (Sieca, 2011. Pag.85)	VD	KPH	30
4	Velocidad de Ruedo (Sieca, 2011. Pag.85)	VR	KPH	30
5	Vehiculo de Proyecto (Sieca, 2011. Pag.408)	Veh.	Tipo	WB-15(T3S2)
6	Radio de Curvatura Mínimo (Sieca 2011, pag. 89)	Rm	m	20
7	Grado de Curvatura Máximo(Sieca 2011, pag. 89)	Gc	G.min. Seg.	57°18'
8	Número de Carriles de Rodamiento.	Nc	Unid.	2
9	Ancho Carril de Rodamiento(Sieca 2011, pag. 140)	Ac	m	3.35
10	Ancho Total de Rodamiento.) (Sieca 2011, pags. 140/141/142)	AR	m	6.7
11	Ancho de Hombros.)(Sieca 2011, pag 142)	Hm%	m	1.2
12	Ancho de Corona. (Sieca 2011, pag 137)	AC	m	9.1
13	Pendiente Transversal (Bombeo). (Sieca 2011, pag 139).	B	%	3
14	Pendiente del Hombro. (Sieca 2011, pags. 141/142)	Hm%	%	3
15	Sobreelevación Máxima (Peralte).(Sieca 2011, pag 89)	emax	%	8
16	Pendiente Relativa (Sieca 2011, pag. 94)	Mr	%	0.75
17	Pendiente Longitudinal Máxima.(Sieca 2011. Pag. 119)	Pend%	%	11
18	Distancia entre P frontal y Eje Trasero(L) (Sieca, 2011. Pag.408)	Lee	m	15.24
19	Distancia a Obstrucciones Laterales (Sieca 2011, pag.81)	Offs	m	1.2
20	Sobreelevar Máximo en curvas Horiz. (Sieca 2011, pag. 108-112))	Smax	m	1.2
21	Sobreelevar Mínimo en Curvas Horiz.(Idem, anterior Sieca 2011, pag. 108-112)	Smin	m	0.6
22	Coefficiente de Fricción Lateral(Sieca 2011, pag. 89)	f1	S/U	0.28
23	Longitud Mínima de Curva Vertical Lmin.= 0.60*VD (AASHTO 2001, pag. 272)	CV min	m	18
24	Tasa de curvatura (Kmin) cresta Para Parada.(Sieca 2011, pag. 125)	kmin	m/%	4
25	Longitud Mínima de Curva Vertical Cresta Para Parada Lmax= K*A (Sieca 2011, pag. 125)	CV min	m	88
26	Tasa de curvatura (Kmin) cresta,Para Adelantamiento (Sieca 2011, pag. 125)	kmin	m/%	84
27	Longitud Mínima de Curva Vertical Cresta Para Adelantar Lmax= K*A (Sieca 2011, pag. 125)	CV min	m	1848
28	Tasa de curvatura (Kmin) columpio, Para Parada (Sieca 2011, pag. 127)	kmin	m/%	9
29	Longitud Mínima de Curva Vertical Columpio Para Parada Lmax= K*A (Sieca 2011, pag. 127)	CV min	m	198
30	Distancia de Visibilidad de Parada(min)(Sieca 2011, pag.125/127)	DVP	m	50
31	Distancia de Visibilidad de rebase.(Sieca 2011, pag.79)	DVR	m	270
32	Longitud Crítica para Pendiente Longitudinal Máxima.(Sieca 2011. Pag. 121)	L crit.	m	230
33	Ancho de cuneta Urbana	Cuneta	m	0
34	Ancho de cuneta Rural	Cuneta	m	1.5
35	Ancho de Anden	Anden	m	0
36	Relacion de Talud en corte	T:T	%	1 : 1
37	Relacion de Talud en relleno	T:T	%	2 : 1
38	Ancho de Berma	Berma	m	3
39	Pendiente de Berma	Berma	%	2
40	Distancia Mínima Entre Curvas de Igual Sentido y Contrario Metodología II (Ver Grafica Pestaña CRITERIOS Celda 196)	Tangente min.	m	40

Curvas circulares simples

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

Figura 33. Componentes de una curva circular



Fuente: Manual centroamericano para el diseño de carreteras, Sieca 2011

Donde: PC: Punto donde comienza la curva circular, PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes, PT: Punto donde termina la curva circular simple, PST: Punto sobre tangente, PSST: Punto sobre sub tangente, PSC: Punto sobre curva circular, O: Centro de la curva circular, Δ : Ángulo de deflexión de las tangentes ("D" de acuerdo a planos, ya que en los planos el ángulo representa el ángulo central formado entre las tangentes). Δ_c : Ángulo central de la curva circular, R: Radio de la curva, en el gráfico aparece como "Rc".

- Tangente de curva o subtangente

Ecuación 33. Tangente

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

- Radio mínimo

Ecuación 34. Radio Mínimo

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde: V: Velocidad de diseño en Kph e: Peralte máximo f: factor de fricción

- Grado de curvatura

Se define como el ángulo central que comprende entre sus lados un arco escogido como unitario y que usualmente es de 10 m Esta es la definición del grado por el arco se calcula con la ecuación siguiente:

Ecuación 35. Grado de curvatura

$$G = \frac{1145.92}{R}$$

- Cálculo de la rasante

Completado el proceso de verificación y ajuste del trazo de la rasante, se procedió al respectivo cálculo, para lo cual, los datos básicos de la rasante proyectada (Est/PI, Elevación y curva vertical) fueron declarados al sistema AutoDesk Civil 3D, como datos finales para que procediera al cálculo de rasante, con el fin de completar lo relativo al aspecto vertical, en el cual se obtuvo de manera automática el cálculo de los valores de las elevaciones de la rasante en cada estación.

Los criterios que se aplicaron principalmente para la proyección y establecimiento de la rasante se detallan a continuación:

✓ En el corredor principal se consideraron las pendientes máximas posibles de operación del vehículo de diseño T3-S2 (WB-15) del 12 % y mínima del 0.50 % y en base a las normas de diseño para una velocidad del 40 y 50 kph se establecieron los criterios requeridos según el SIECA 2011.

✓ Resultados de la proyección de los niveles de rasante de las diferentes estructuras de drenaje en función de los niveles de requeridos por las especialidades de hidráulicas y estructuras.

Ejemplo de cálculo de curva circular

Datos:

Tipo de terreno: Montañoso

Velocidad de diseño: 30 km/h

Δ : 25°21'56"

Est PI: 0+083.17

F: 0.28

E_{max}: 6%

$$R_{min} = \frac{(30)^2}{127(0.06 + 0.28)} = 20.8 \text{ m}$$

$$G = \frac{1145.92}{40.30} = 28.434$$

$$M = 40.30 * (1 - \cos\left(\frac{25^\circ 21' 56''}{2}\right)) = 0.98m$$

$$T = 40.30 * (1 - \tan\left(\frac{25^\circ 21' 56''}{2}\right)) = 9.069 \text{ m}$$

$$E = 9.069 * \left(\tan \left(\frac{25^\circ 21' 56''}{4} \right) \right) = 1.007m$$

$$L_s = \frac{Wn(ed)}{\Delta} * bw = \frac{3.5 * 2(6)}{0.75} * 0.07125 = 3.99 m$$

$$L_c = \frac{20 * (25^\circ 21' 56'')}{180} = 17.841 m$$

$$Est PC = Est PI - T = 0 + 083.17 - 9.06 = 0 + 074.101$$

$$Est PT = Est PC + L_c = 0 + 074.101 + 17.841 = 0 + 091.942$$

Nota: Anexo 13 se encuentran curvas circulares con sobreanchos

1.6.10. Alineamiento vertical.

Longitud Mínima de Curva Vertical (AASHTO 2001, pag. 272)

$$L_{c_{min.}} = 0.60 * VD$$

$$L_{c_{min.}} = 0.60 * 40 \frac{km}{hr} = 24m$$

Longitud mínima de Transición (Bombeo - Peralte) SIECA

$$L_t = \left(\frac{Wne_{max.}}{M_r} \right) * f_n$$

$$L_t = \left(\frac{3.50m * 1 * 4\%}{0.70} \right) * 1 = 17m$$

Longitud de Curva Vertical mínima en Cresta en Función de su Constante k (SIECA 2011, pag. 125) Visibilidad de Parada

$$A = P_1 - P_2 = 11\% - (-11\%) = 22\%$$

$$Lc_v = K * A = 4m/\% * 22\% = 88m$$

Ejemplo de curva vertical cóncava o en cresta

Datos

Est PIV: 0+114.44

Elev PIV 799.269 m

Longitud de la curva: 50.00

Pendiente de la entrada 00.00

Pendiente de la salida -0.57%

$$A = 0.00 - (-0.57) = 0.57 \%$$

$$K = \frac{50}{0.57\%} = 13.72$$

$$Est\ PCV: 0 + 114.44 - \frac{50}{2} = 0 + 089.44$$

$$Est\ PTV: 0 + 114.44 + \frac{50}{2} = 0 + 139.44$$

$$Elevación\ PCV: 799.269 \pm 0.00 * \frac{50}{2} = 799.269$$

$$Elevación\ PCV: 799.269 \pm 0.57 * \frac{50}{2} = 799.269$$

Nota: En anexo se encuentra tabla resumen de las 31 curvas verticales

Controles de diseño de curvas verticales en cresta.

Tabla 45. Controles de diseño curvas verticales en cresta

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Tasa de Curvatura Vertical K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	0.6	1

30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52	52
110	220	73.6	74
120	250	95	95

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, P. 125.

Control de diseño para curvas verticales en columpio.

Tabla 46. Controles de diseño para curvas 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: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, P. 127.

Longitud de Curva Vertical mínima en Cresta en Función de su Constante k (SIECA 2011, pág. 125) Visibilidad de Adelantamiento

$$Lc_v = K * A = 84m/\% * 22\%=1,848m$$

4.6.7. SEÑALIZACIÓN VIAL.

La Señalización vial de tránsito juega un papel fundamental para lograr una operación adecuada de cualquier carretera, y sobre todo para una operación integrada de la red regional. Además, la mitigación de los problemas de congestión vial conlleva el uso de soluciones en infraestructura y dispositivos de control nuevos.

El propósito del señalamiento vial y los dispositivos de control de tránsito, las reglas de justificación para su uso, así como los otros criterios técnicos establecidos en los diferentes manuales, es facilitar y garantizar el movimiento ordenado, seguro y predecible de todos los usuarios de la vía a través de toda la red vial, sean estos flujos automotores, peatonales o de otra índole. Asimismo, los dispositivos de control también tienen por objeto guiar y advertir a los usuarios de la vía conforme sea necesario, para garantizar la operación segura y uniforme de los elementos individuales de la corriente de tránsito.

El señalamiento y los dispositivos de control de tránsito deben ser utilizados para dirigir y asistir a los conductores en las tareas de prevención, guía, orientación y navegación propuesta de la conducción de un vehículo automotor para garantizar el viaje seguro en cualquier calle, camino o carretera abierta al público. El señalamiento de guía e información debe estar restringido al control del tránsito, usarse cuando sea estrictamente necesario y no se debe utilizar como un anuncio o medio de publicidad de ninguna índole.

A partir del estudio, este proyecto presenta la señalización vial necesaria que contribuirá a orientar a los usuarios, a evitar accidentes de tránsito, dar comodidad y eficiencia a la vía, disminuyendo los tiempos de recorrido y tratando de reducir la probabilidad de accidentes, como se podrá ver planos de Seguridad Vial.

A continuación, se presenta tabla con las señales horizontales y verticales propuestas para este tramo de carretera.

Señales Horizontales					
Desde	Hasta	Longitud (m)	Descripción	Ubicación	Tipo de Pintura
0 + 000.000	0 + 063	62.95	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
0 + 063	0 + 102	39.24	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
0 + 102	0 + 126	23.88	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
0 + 126	1 + 393	1,266.52	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
1 + 393	1 + 656	263.35	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
1 + 656	1 + 690	33.62	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
1 + 690	1 + 723	33.06	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
1 + 723	1 + 775	52.41	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
1 + 775	1 + 910	135.39	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
1 + 910	2 + 002	91.87	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
2 + 002	2 + 264	261.43	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
2 + 264	2 + 370	106.08	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
2 + 370	2 + 476	106.20	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
2 + 476	2 + 931	455.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
2 + 931	3 + 132	201.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
3 + 132	3 + 187	55.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
3 + 187	3 + 403	216.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
3 + 403	3 + 472	69.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
3 + 472	3 + 519	47.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
3 + 519	3 + 602	82.64	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
3 + 602	3 + 654	52.36	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
3 + 654	3 + 695	41.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
3 + 695	4 + 275	580.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
4 + 275	4 + 323	48.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
4 + 323	4 + 388	65.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
4 + 388	4 + 632	244.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
4 + 632	4 + 893	260.78	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
4 + 893	5 + 554	661.22	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
5 + 554	5 + 664	110.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
5 + 664	5 + 828	164.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
5 + 828	6 + 027	199.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
6 + 027	6 + 160	133.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
6 + 160	6 + 349	189.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
6 + 349	6 + 631	282.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"

6 + 631	6 + 708	77.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
6 + 708	7 + 025	317.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
7 + 025	7 + 259	234.00	Línea Amarilla Discontinua	Centro	Tipo "A"
7 + 259	7 + 367	108.00	Línea Amarilla Continua	Centro	Tipo "A"
7 + 367	7 + 548	180.77	Línea Amarilla Discontinua		
7 + 548	7 + 637	88.80	Línea Amarilla Continua		

Señales Verticales

Estación	Descripción	Sentido
0+060	P-4	Derecho
0+100	P-1	derecho
0+313.43	P-4	derecho
0+644.63	P-4	derecho
0+989.92	P-4	derecho
1+190.79	Alto	derecho
1+210.79	P-6	derecho
1+233.53	E-1-2	derecho
1+233.53	P-4	derecho
1+243.52	E-3-2	derecho
1+272.21	P-3	Izquierdo
1+293.35	E-1-1	derecho
1+357.41	P-2	derecho
1+380.87	P-1	Izquierdo
1+400.01	E-1-1	Izquierdo
1+420	San Juan Rio coco	Izquierdo
1+442.022	R-5 Y E-3-2	Izquierdo
1+500	P-46	Izquierdo
1+510.2	E-1-12	Izquierdo
1+664.83	CURVA	derecho
1+722.62	P-3	Izquierdo
1+694.22	R-5	derecho
1+722.62	P-1	derecho
1+763.41	R-5	Izquierdo
1+763.41	P-4	derecho
1+919.76	P-2	derecho
1+989.4	P-1	Izquierdo
2+277.08	P-1	derecho
2+369.80	CURVA	derecho
2+492.69	CURVA	Izquierdo
2+469.69	p-1	Izquierdo
2+569.85	R-5	Izquierdo
2+831.65	P-4	derecho
3+000	P-4	derecho
3+049.2	R-5	derecho

3+351.98	P-46	derecho
3+371.98	MonteCristo	derecho
3+422.99	P-5	derecho
3+510.22	P-5	Izquierdo
3+612.22	P-4	derecho
3+746.43	P-4	Izquierdo
3+827.72	R-5	derecho
3+889.71	P-3	Izquierdo
3+907.73	P-1	derecho
3+924.94	P-2 Y R-5	Izquierdo
4+339.37	P-2	Izquierdo
4+586.02	P-9	derecho
4+820.04	R-5	derecho
4+828.40	P-2	derecho
4+820.0	P-9	Izquierdo
4+947.35	P-46	Izquierdo
4+965.89	MonteCristo	Izquierdo
5+139.51	R-5	derecho
5+139.52	P-7-7	derecho
5+160.50	P-7-8	Izquierdo
5+140.50	r-5	Izquierdo
5+554.29	P-1	derecho
5+648.56	P-1	Izquierdo
6+630.0	P-4	Izquierdo
6+931.45	P-1	Izquierdo
7+558.71	P-1	Izquierdo

Nota: En anexos se encuentra las figuras mencionadas en descripción.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Diseño Hidrotecnico

1. Mediante el estudio Hidrológico de la cuenca Rio Coco, se determinó los caudales máximos extraordinario para los diferentes tipos de retornos de 50 y 100 años, y estos fueron, 31,00 m³/s y 43.1 m³/s respectivamente
2. A través de los análisis hidráulicos en el cruce del rio COCO se determinó un puente de 20 m de claro, una altura de rasante hidráulica de 793 msnm y un borde libre de 2.5m.
3. Por medio de la simulación de socavación del puente, cumple con los parámetros propuestos obteniendo 0.31 de socavación para socavación por contracción.
4. A través de los análisis hidráulicos se propone TCR-36, esta tendrá un borde libre de 2.45 m, la altura de rasante hidráulica será de 785 msnm con pendiente de 1%

Diseño Geométrico Vial

Por parte de la revisión se estudió los procedimientos empleados en el levantamiento topográfico encontrándose aceptable el mismo a nivel de equipamiento y precisión, se verifico el cálculo de la poligonal base de los bancos maestros a partir de los datos crudos levantados en campo, a nivel planimétrico se encontró un error de cierre de 0.0231m, con una precisión de levantamiento de 1/47135 la cual es aceptable según los parámetros establecidos por el cliente (MTI) en los TDR el cual permite hasta 1/5000 de precisión

Las pendientes naturales del terreno entre secciones levantadas por el diseñador en el eje de proyecto se encuentran en un rango promedio tal que $P \leq 20\%$, por ende, según lo estipulado en el manual de la sieca y la revisión se realizó bajo las condiciones de terreno montañoso

El análisis de suelo está bien calculado por ende existe un déficit numérico, esto se debe al método empleado o simple uso del sistema decimal. Pero el diseñador cumple con los resultados de estudio, adecuándose a las propiedades físicas y mecánicas del suelo, encontrándonos con suelos predominantes suelos arcillosos, limosos (A-4, A-5-A-2-7, A-6,A-7-5 y A-7-6)

En el Estudio de tráfico, se realizó un aforo vehicular de 12 horas durante 3 días, del cual se obtuvo un TPDA de 1035 vehículo/día, con una composición vehicular de 92% de Vehículos Livianos, un 8% de Vehículos Pesados.

Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento del 3.714%, obtenida mediante el promedio de las tasas de crecimiento históricas de la estación de Mayor cobertura (Estación 1802, San Marcos – Masatepe.), la tasa de crecimiento del PIB, la tasa de crecimiento poblacional, y la tasa de crecimiento histórico de TPDA. A partir de un periodo de diseño de 20 años se obtuvo un factor de crecimiento de 10552.08 y del mismo se obtuvo un tránsito proyectado para el carril de diseño total de 1,034,101.88 vehículos.

El diseño geométrico cumple con las normas de diseño geométrico de carreteras y calles (AASHTO 2011) y el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales (sieca 2011). Se recalcularon datos en el alineamiento horizontal, a través del software autodesk civil 3d que fueron extraídas de los planos planta perfil donde las curvas con radios mayores al mínimo, en total se diseñaron 287 curvas horizontales, correspondientes a curvas circulares simples y en el alineamiento vertical se diseñaron 34 curvas verticales, donde 17 son curvas en cresta y 17 en columpio.

Recomendaciones

Diseño Hidrotecnico

Al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

- A seguir instalando más estaciones hidrometereológicas y a la formación de técnicos para tener una correcta toma de datos.
- A la continua actualización de los mapas nacionales de orden de los suelos según taxonomía, coberturas y usos de la tierra, y uso potencial de la tierra.

Al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

- A Mantener la información actualizada que contribuyen al desarrollo de estos estudios, como lo es la incorporación del coeficiente de cambio climático.
- A la especialidad en topografía a seguir modernizando los métodos de levantamiento y procesamiento de datos, para garantizar un modelado hidráulico más eficiente.
- A la realización de estudios complementarios, como es el estudio de refracción sísmica, para adoptar un mejor criterio según los resultados obtenidos de socavación.

Diseño Geométrico vial

Previa a la ejecución del proyecto la topografía se debe actualizar a nivel planimétrico debido a las posibles nuevas afectaciones al derecho de vía, esto deberá incluir cualquier construcción que no se haya levantado en el estudio topográfico anterior ya sea esto causado por asentamientos como la construcción de nuevas casas en la cercanías o contiguas a la vía, cercos y detalles, postes de luz y alumbrado público, etc. debido a que mediante una inspección visual de parte de la revisión alrededor del tramo se notó un leve incremento en el asentamiento de la población contigua a la vía.

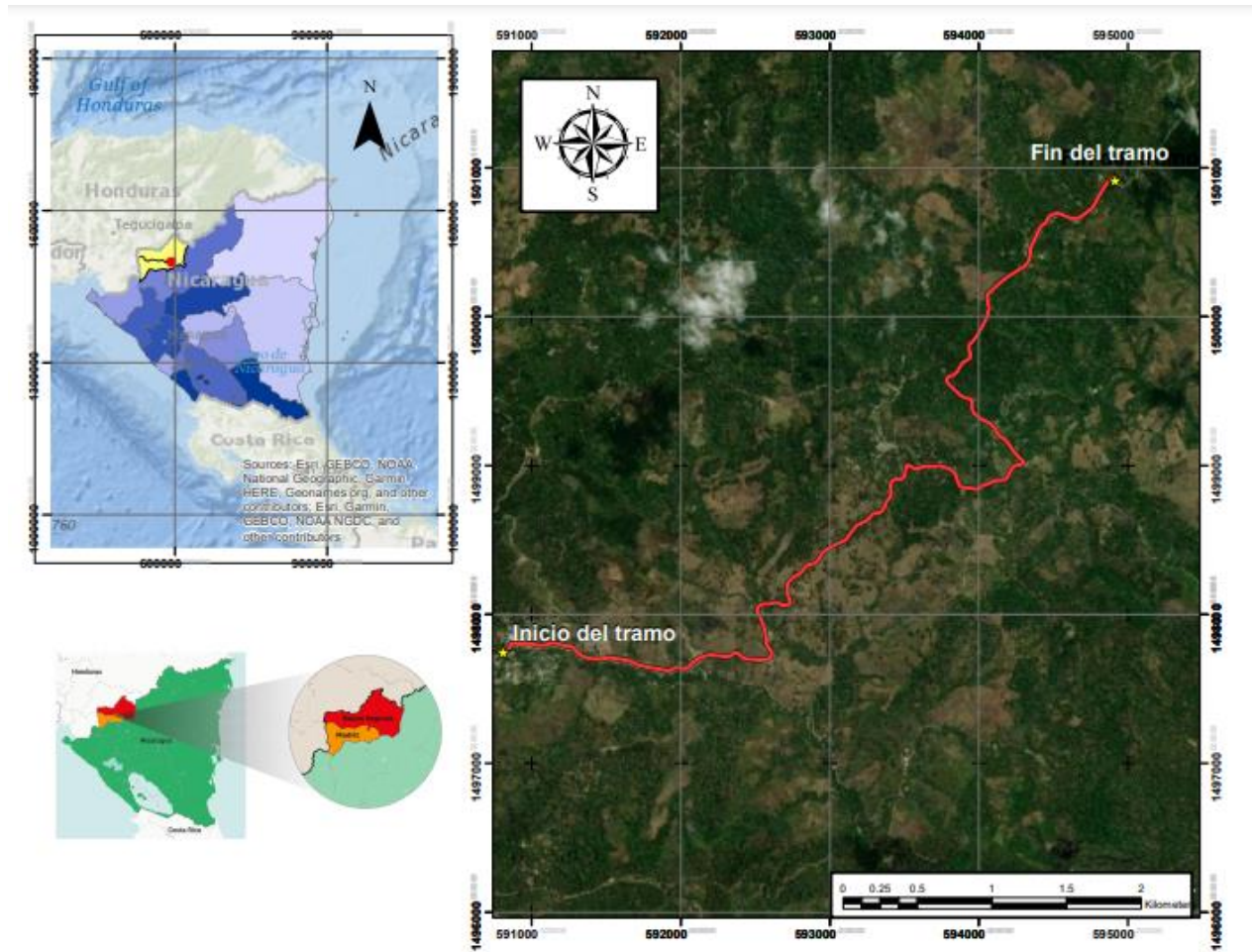
BIBLIOGRAFÍA.

- GUIAS DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA, DR. NESTOR JAVIER LANZA, UNI. 2022
- Brunner, G. (2016). HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Davis, California: Approved for public Release.
- Cardona, B. L. (2015). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. San Carlos, Guatemala.
- Chow, V. (1994). HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS. Bogota: McGRAW - HILL.
- Perez , D., & Morales , D. (2010). ESTUDIO HIDROTÉCNICO Y REDISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE CHASMOL. Managua.
- INETER. (2010). Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de la Precipitación, Estacion Madriz Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Madriz
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORT OFFICIALS. A policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C. 6ª Edición, 2011.
- Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, 3ª Edición, 2011.
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA, 2000.
- American Association of State Highway and Transportation Officials 6th. Edition (2011). Washington Dc.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), (1996-2023). United States.
- Andueza Saavedra, Pedro José (1989). El diseño geométrico de carreteras. Tomo I Universidad de los andes, Mérida, Venezuela.

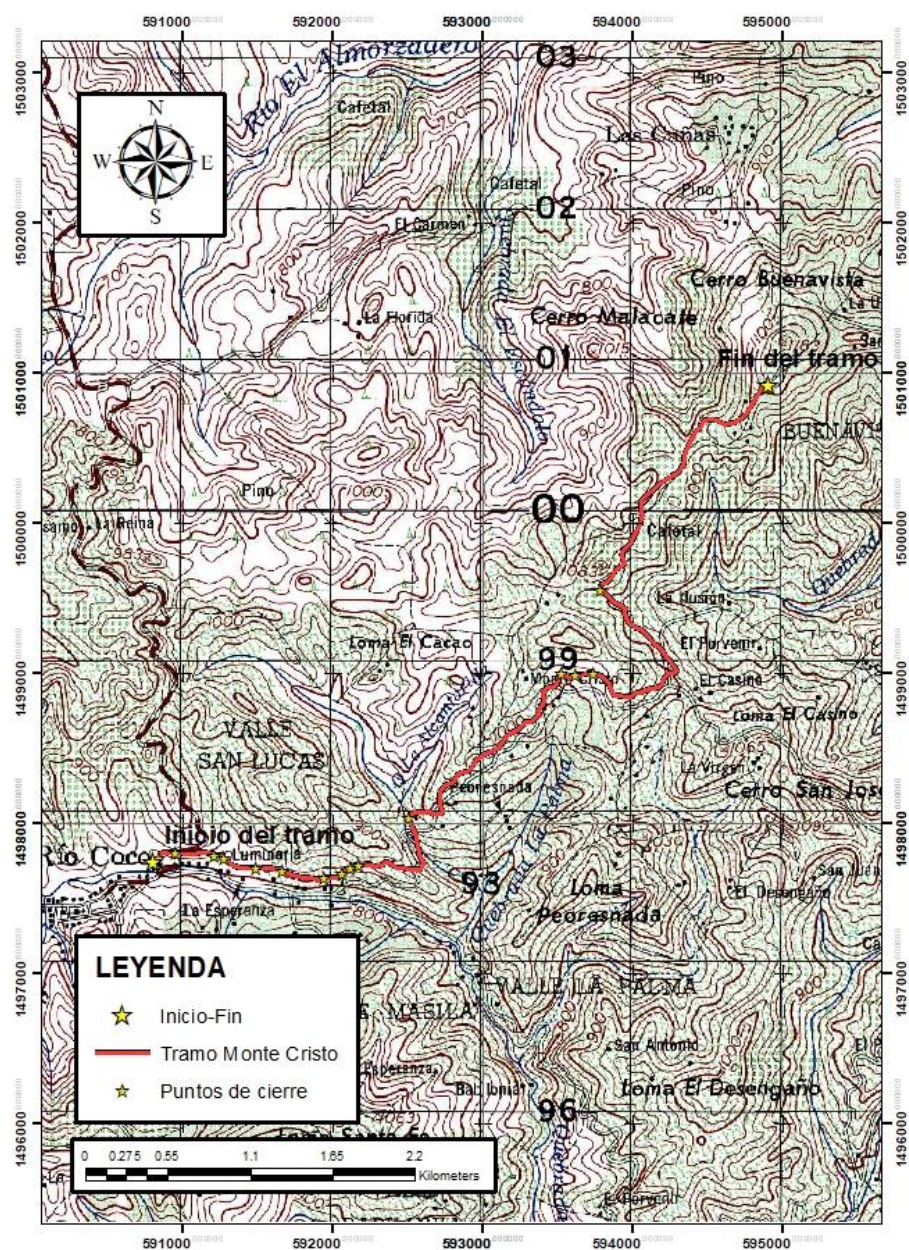
- Benítez, Raúl (1977). Topografía para Ingenieros Civiles. Tomo I. Cuba: Editorial pueblo y educación. Braja M. das. (2012), Ingeniería de cimentaciones séptima edición. Distrito federal, México.

ANEXOS

ANEXO 1. MACRO LOCALIZACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO



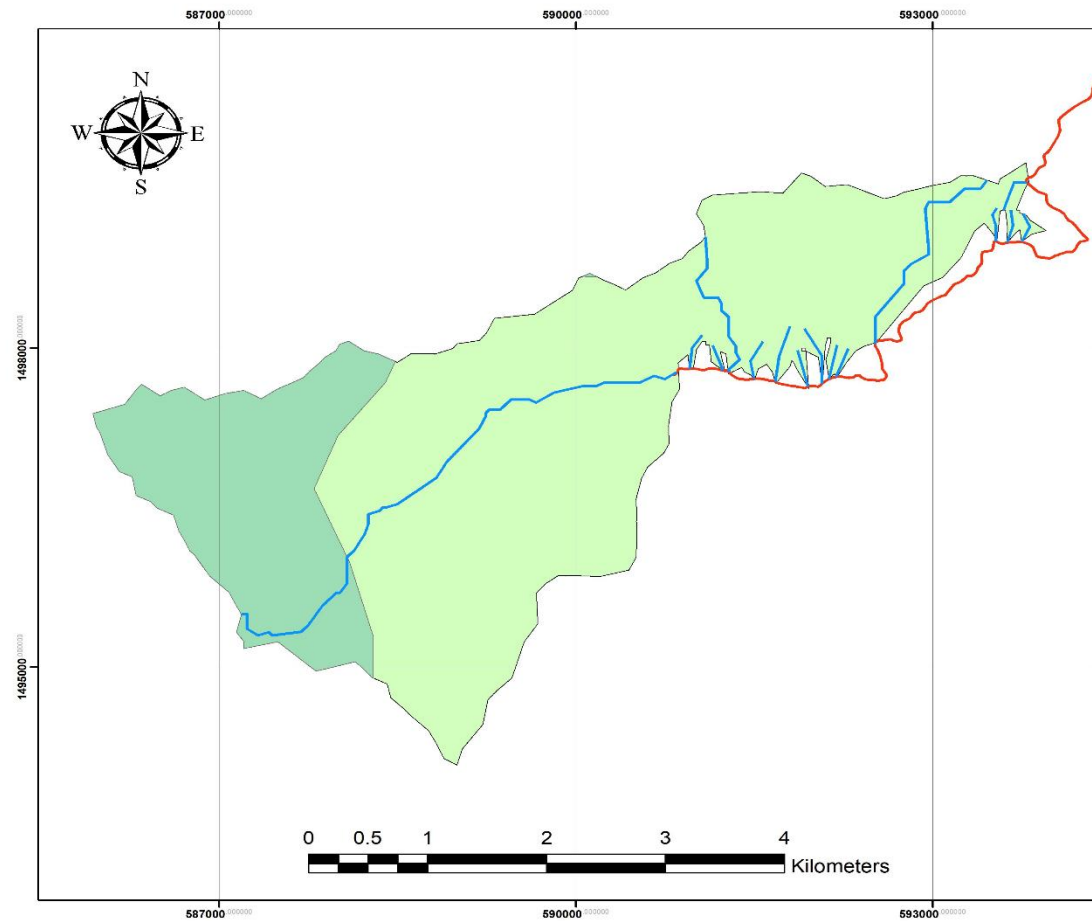
ANEXO 2. MICRO LOCALIZACION DEL TRAMO EN ESTUDIO



ANEXO 3. MAPA DE TIPO DE USO DE SUELO



MONOGRAFIA: "Diseño hidrotécnico y geométrico vial del tramo de carretera San Juan de Río Coco-Las cruces, Quilali longitud de 7.6 km entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia".



Área de conocimiento de Ingeniería y afines.

MAPA DE TIPO DE SUELO

Legend

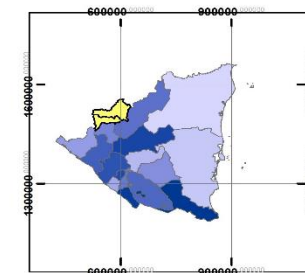
RioLargo

- Rio Principal
- Carretera

TipoSuelo

Descripcion

- Alfisol
- Inceptisol

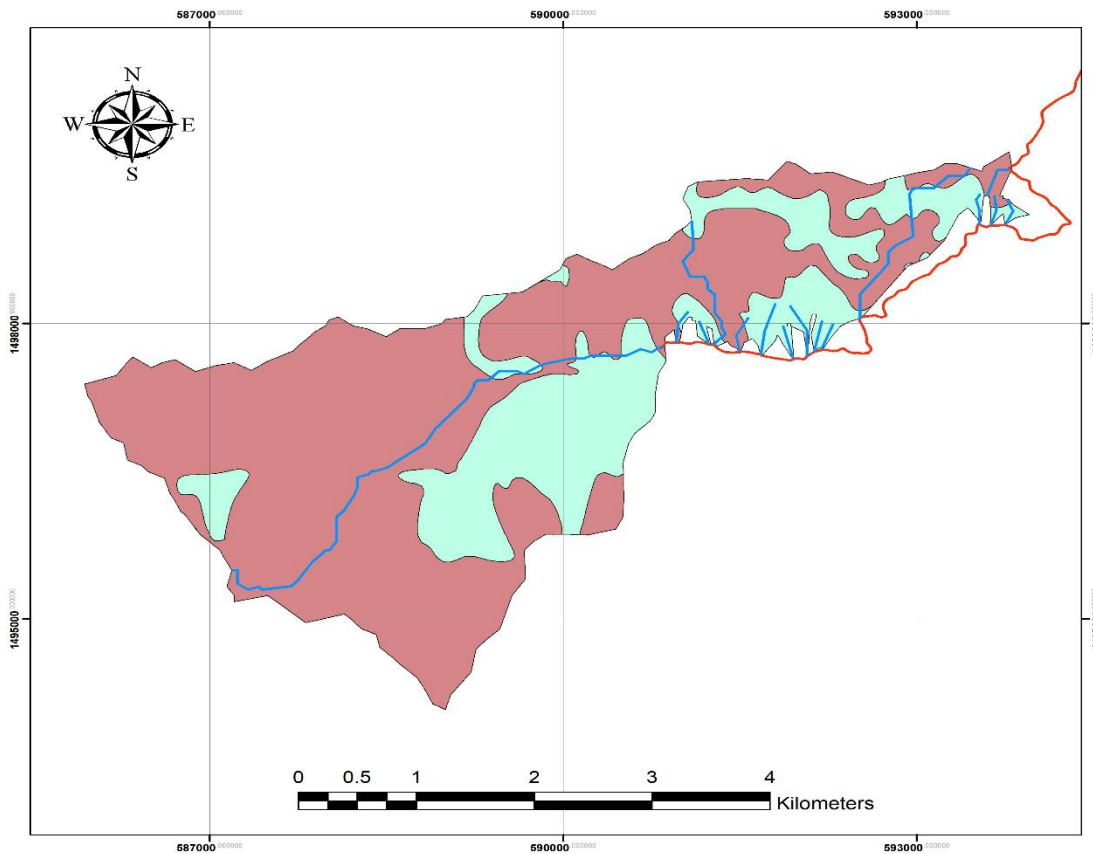


ESCALA 1:35,707

ANEXO 4. MAPA DE PENDIENTE DE TERRENO



MONOGRAFIA: "Diseño hidrotécnico y geométrico vial del tramo de carretera San Juan de Río Coco-Las cruces, Quilali longitud de 7.6 km entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia".



Área de conocimiento de Ingeniería y afines.

MAPA DE TIPO DE SUELO

Legend

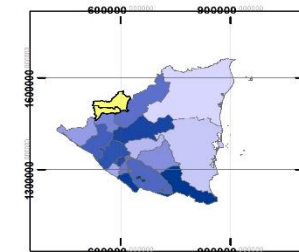
RioLargo

- Rio Principal
- Carretera

UsoSuelo

Descripcion

- Cafe con sombra
- Tacotal



ESCALA 1:35,707

ANEXO 5. MAPA DE CUENCA DE DRENAJE MAYOR, MAPA DE USO DE SUELO



MONOGRAFIA: "Diseño hidrotécnico y geométrico vial del tramo de carretera San Juan de Río Coco-Las cruces, Quilali longitud de 7.6 km entre los departamentos de Madriz y Nueva Segovia".

Área de conocimiento de Ingeniería y afines.

CUENCA DE DRENAJE MAYOR
MAPA USO DE SUELO

Legend

• PuntoCierre

— Rios

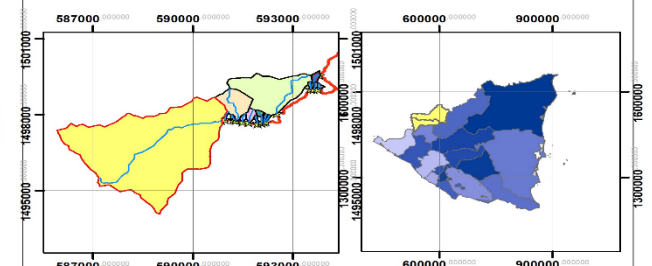
— Subcuencas

UsoSuelo

CLASEFINAL

■ Cafe con sombra

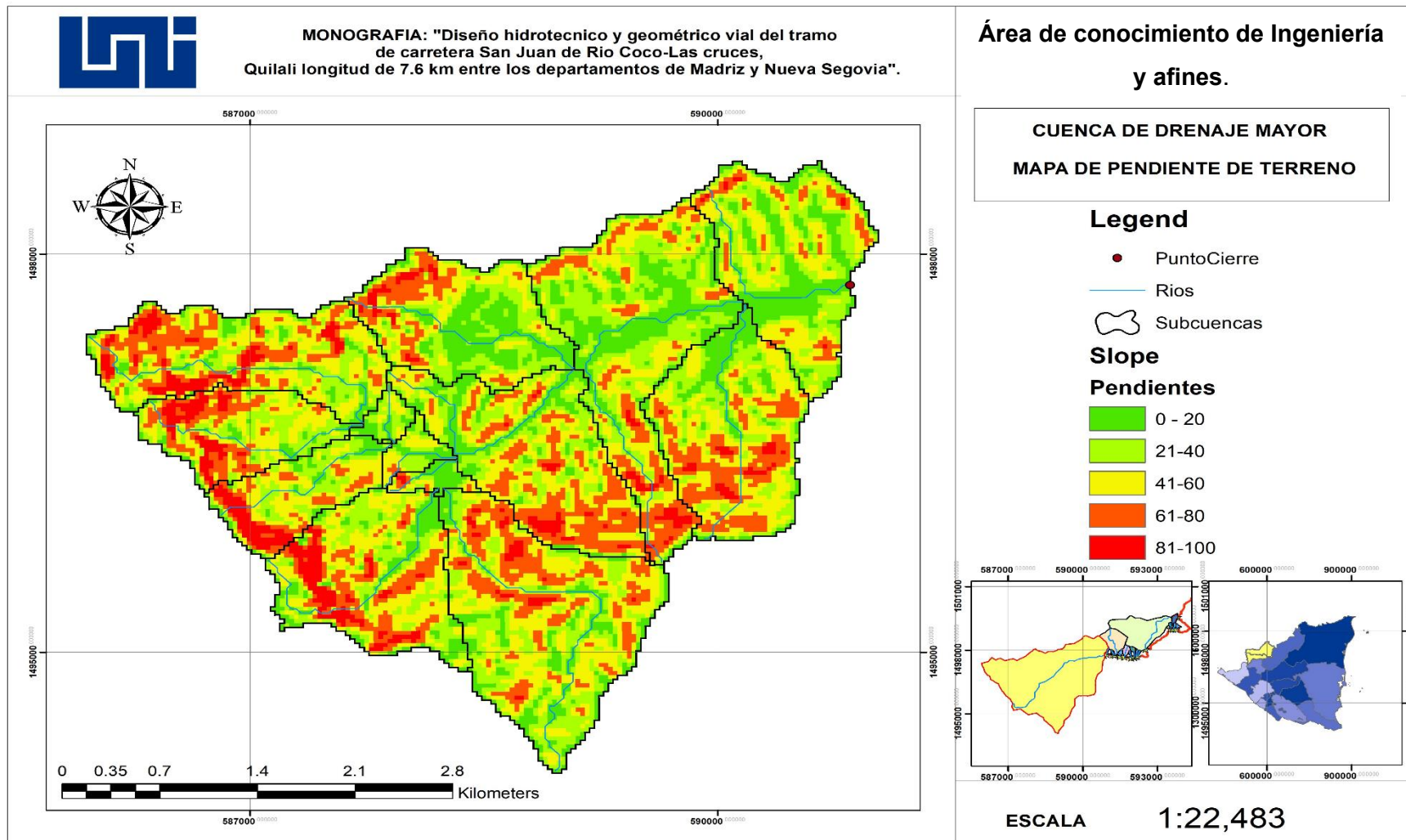
■ Tacotal



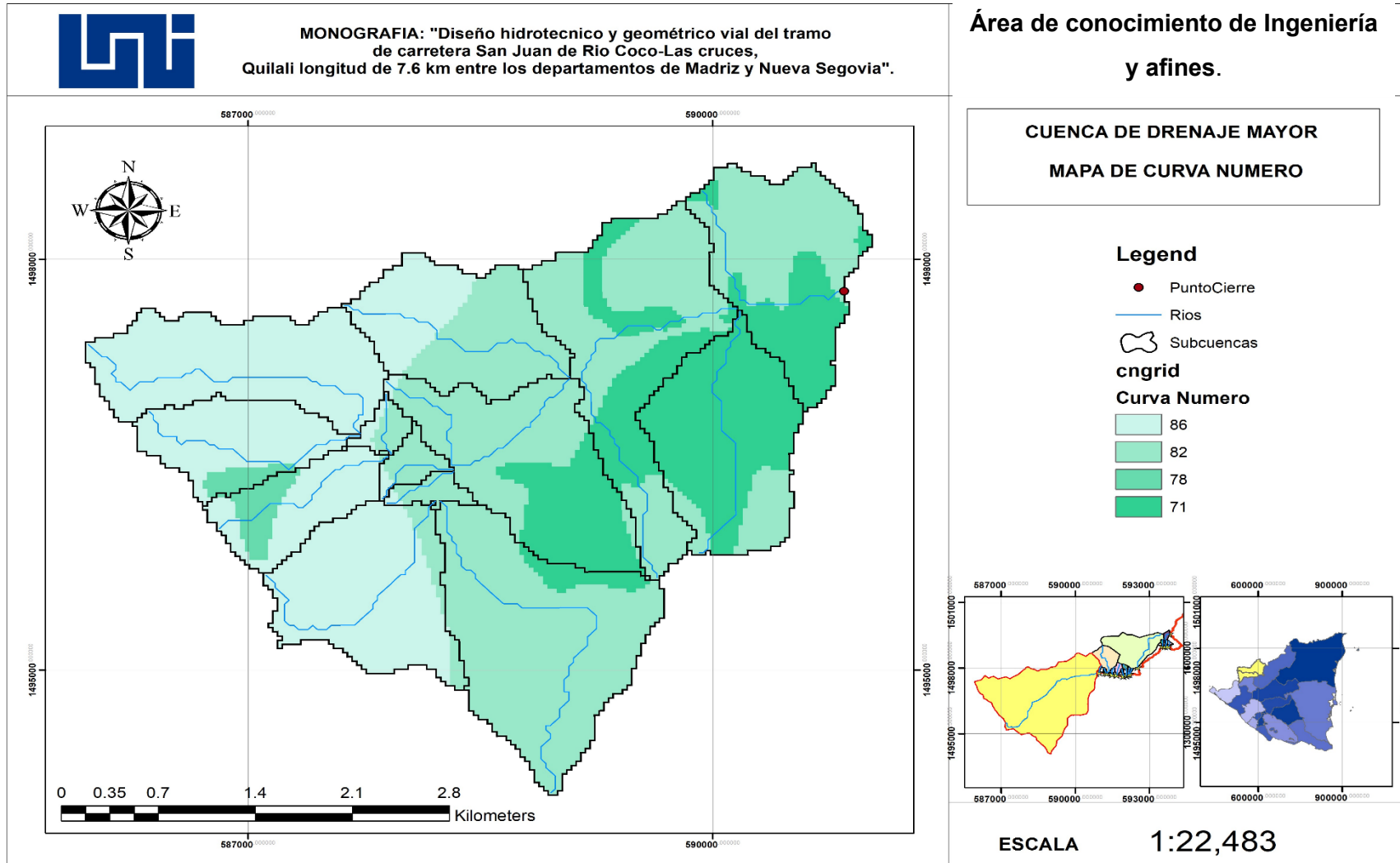
ESCALA

1:22,483

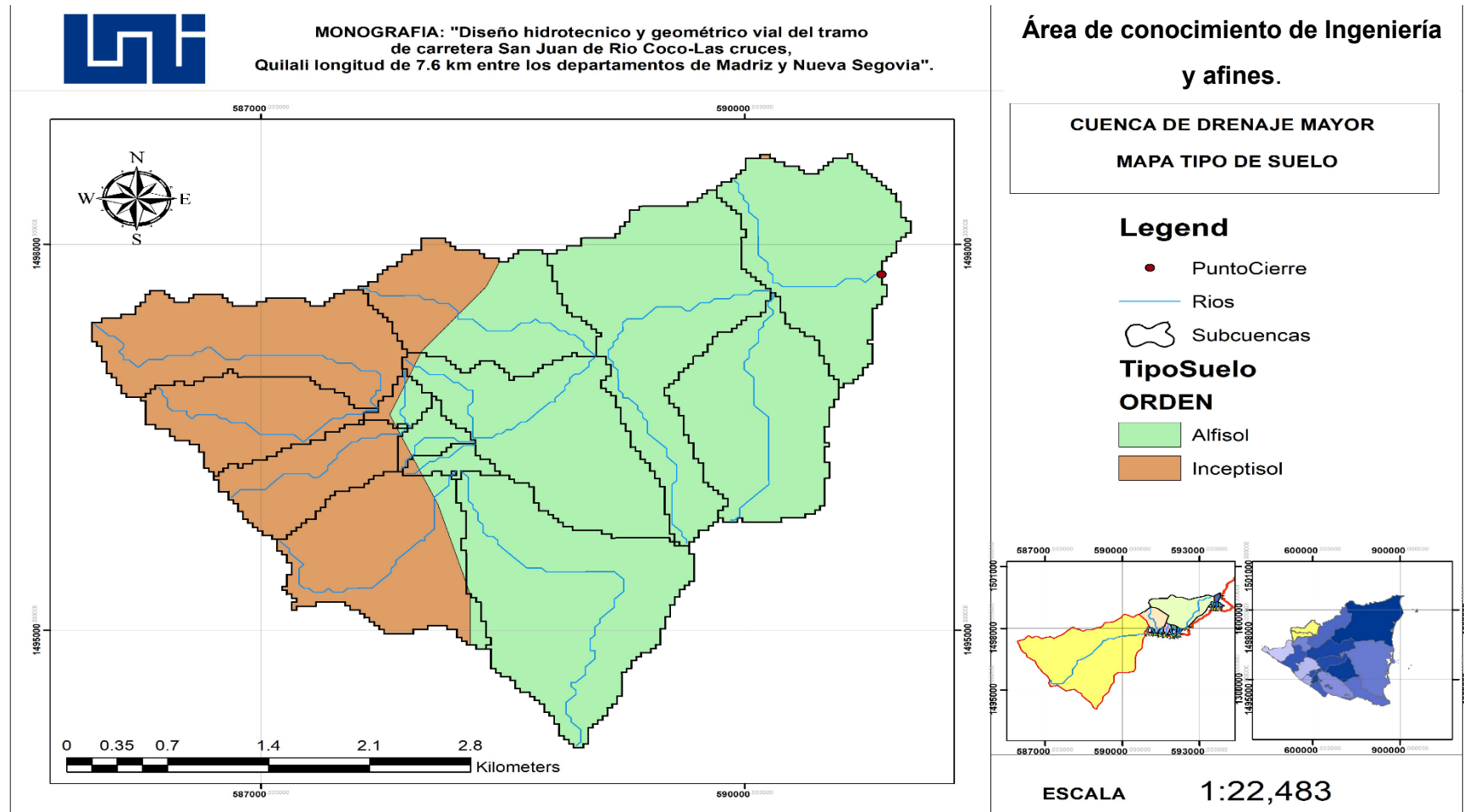
ANEXO 6. CUENCA DE DRENAJE MAYOR. MAPA DE PENDIENTE DE TERRENO



ANEXO 7. CUENCA DE DRENAJE MAYOR. MAPA DE SIMBOLOGIA DE HEC HMS



ANEXO 8. CUENCA DE DRENAJE MAYOR. MAPA DE TIPO DE SUELO



ANEXO 9 SONDEOS MANUALES

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.1

PROYECTO: **MONTECRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : **MANUALES**

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.1									
50+019	1.70 Izq.	0-12	1	42	33	22	17	36	14	2	7	A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena

		12-35	2	47	40	30	25	30	8	6	7	A-2-4(0)	Grava Limosa con arena
		35-60	3	47	35	25	20	33	7	7	8	A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		60-85	4	61	58	53	49	46	18	4	7	A-7-6(6)	Arcilla con Grava
		85-150	4-A	38	35	30	26	36	6			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
				SONDEO No.2									
50+269	2.00 Der	0-10	=1	42	33	22	17	36	14			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		10-50	5	53	41	26	18	33	8			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		50-75	=3	47	35	25	20	33	7			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		75-150	6	90	82	56	33	29	7			A-2-4(0)	Arena Limosa
				SONDEO No.3									
50+519	2.0 Izq.	0-12	=1	42	33	22	17	36	14			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-25	=5	53	41	26	18	33	8			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava

		25-80	7	47	41	35	31	33	9			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		80-+	-	Cascajo (Roca)									

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.2

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : **MANUALES**

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
					0	0	00						

				SONDEO No.4									
50+769	1.80 Der.	0-12	=1	42	33	22	17	36	14			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-40	=5	53	41	26	18	33	8			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		40-55	8	49	41	28	22	33	10			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		55-95	=7	47	41	35	31	33	9			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		95-150	9	100	88	64	49	40	11			A-6(3)	Arcilla Arenosa
				SONDEO No.5									
51+019	2.0 Izq.	0-12	=1	42	33	22	17	36	14			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-57	=8	49	41	28	22	33	10			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		57-95	10	92	74	52	43	39	17			A-6(4)	Arcilla Arenosa
		95-150	11	98	86	56	36	41	16			A-7-6(1)	Arcilla
				SONDEO No.6									

51+269	1.80 Der.	0-12	=1	42	33	22	17	36	14			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-30	=8	49	41	28	22	33	10			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		30-55	12	64	51	37	29	29	11			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
		55-65	13	93	89	77	59	38	16			A-6(7)	Arcilla Arenosa
		65-75	=8	49	41	28	22	33	10			A-2-4(0)	Grava Arcillosa con Arena
		75-85	14	74	68	53	39	29	7			A-4(1)	Limo Arenoso con Grava
		85-150	15	99	96	84	66	37	15			A-6(8)	Arcilla Arenosa

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.3

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : **MANUALES**

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.7									
51+519	1.90 Izq.	0-20	16	37	29	18	14	35	14			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		20-80	17	56	51	38	27	28	4			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava

		80-150	18	100	97	59	37	27	7			A-4(0)	Limo Arenoso
				SONDEO No.8									
51+769	1.50 Der.	0-20	=16	37	29	18	14	35	14			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		20-110	19	89	78	58	43	29	7			A-4(2)	Limo Arenoso
		110-150	20	72	65	49	36	27	4			A-4(0)	Limo Arenoso con Grava
				SONDEO No.9									
52+019	1.50 Der.	0-15	21	39	29	19	15	33	16	4	8	A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		15-60	22	94	86	67	50	37	12	12	16	A-6(4)	Arcilla Arenosa
		60-120	23	92	84	63	43	39	15	7	11	A-6(3)	Arcilla Arenosa
		120-150	24	57	52	39	29	37	13			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava

				SONDEO No.10									
52+269	2.00 lzq.	0-12	=21	39	29	19	15	33	16			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-150	25	61	55	36	23	30	8			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.4

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : **MANUALES**

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.11									
52+519	2.0 Der.	0-18	=21	39	29	19	15	33	16			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena

		18-35	26	54	46	35	29	31	9			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		35-50	27	65	57	43	32	32	12			A-2-6(0)	Arena arcillosa con Grava
		50-150	28	72	685	58	42	35	10			A-4(1)	Limo Arenoso con Grava
				SONDEO No.12									
52+769	2.0 lzq.	0-15	=21	39	29	19	15	33	16			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		15-35	=26	54	46	35	29	31	9			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		35-45	29	71	60	43	33	36	12			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
		45-80	30	71	66	57	45	39	14			A-6(3)	Arcilla Arenosa
		80-150	31	100	98	89	64	47	12			A-7-5(8)	Arcilla
				SONDEO No.13									

53+019	2.0 Der.	0-12	=21	39	29	19	15	33	16			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-38	32	67	60	36	20	28	4			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		38-48	=29	71	60	43	33	36	12			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
		48-150	33	100	99	93	73	47	20			A-7-6(13)	Arcilla

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.5

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.14									

53+269	1.80 Izq.	0-10	34	27	18	8	5	-	N P			A-1-a(0)	Grava Arenosa
		10-25	35	37	26	16	12	32	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		25-100	36	59	49	39	29	31	9			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		100-+	-	Cascajo (Roca)									
				SONDEO No.15									
53+519	2.0 Der.	0-12	=21	39	29	19	15	33	16			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-50	=35	37	26	16	12	32	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		50-80	37	96	91	85	78	48	21			A-7- 6(14)	Arcilla
		80-150	38	89	81	68	57	34	9			A-4(4)	Limo Arenoso
				SONDEO No.16									

53+769	1.60 lzq.	0-15	=34	27	18	8	5	-	N P			A-1-a(0)	Grava Arenoso
		15-35	=35	37	26	16	12	32	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con arena
		35-65	=30	71	66	57	45	39	14			A-6(3)	Arcilla Arenosa
		65-150	39	75	69	60	53	38	15			A-6(6)	Arcilla Arenosa

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.6

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : **MANUALES**

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.17									
54+019	1.20 Izq.	0-12	40	37	26	13	9	36	5	26	40	A-1-a(0)	Grava Arenosa

		12-45	41	43	37	28	20	25	4	4	16	A-1-b(0)	Grava Limosa con arena
		45-70	42	49	42	30	23	26	8	6	19	A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		70-100	43	69	61	48	40	29	5			A-4(1)	Limo Arenoso
		100-150	44	45	39	30	25	35	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
				SONDEO No.18									
54+269	1.50 Der.	0-12	=40	37	26	13	9	36	5			A-1-a(0)	Grava Arenosa
		12-25	45	68	55	42	33	29	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		25-45	46	89	79	60	48	47	6			A-5(3)	Limo Arcilloso
		45-150	47	47	33	23	17	31	6			A-1-b(0)	Grava Limosa con Arena
				SONDEO No.19									
54+519	2.0 Izq.	0-12	=40	37	26	13	9	36	5			A-1-a(0)	Grava Arenosa
		12-30	48	42	35	25	20	29	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		30-100	=44	45	39	30	25	35	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena

		100-+	-		Esquisto (Roca)								

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.7

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : **MANUALES**

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.20									
54+769	1.20 Der.	0-10	=45	68	55	42	33	29	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		10-30	=48	42	35	25	20	29	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena

		30-50	=47	47	33	23	17	31	6			A-1-b(0)	Grava Limosa con Arena
		50-100	49	65	61	53	50	45	11			A-7-5(3)	Arcilla con Grava
		100-+	-	Esquisto (Roca)									
				SONDEO No.21									
55+019	1.70 Izq.	0-30	=48	42	35	25	20	29	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con arena
		30-60	50	64	55	43	33	24	6			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		60-150	51	79	67	52	45	33	9			A-4(2)	Limo Arenoso con Grava
				Sondeo No.22									
55+269	2.0 Der.	0-12	=45	68	55	42	33	29	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		12-35	=48	42	35	25	20	29	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		35-90	=47	47	33	23	17	31	6			A-1-b(0)	Grava Limosa con Grava
		90-150	=49	65	61	53	50	45	11			A-7-5(3)	Arcilla con Grava

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.8

PROYECTO: **MONTE CRISTO- LAS CRUCES**

SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.23									
55+519	2.0 Izq	0-12	=45	68	55	42	33	29	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		12-45	=42	49	42	30	23	26	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		45-95	=49	65	61	53	50	45	11			A-7-5(3)	Arcilla con Grava

		95-150	52	59	49	37	31	42	17			A-2-7(1)	Arena Arcillosa con Grava
				SONDEO No.24									
55+769	2.0 Der.	0-12	=45	68	55	42	33	29	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		12-20	=48	42	35	25	20	29	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		20-40	=42	49	42	30	23	26	8			A-2-4(0)	Grava Limosa con Arena
		40-100	53	69	66	58	47	44	11			A-7-5(3)	Arcilla con Grava
		100-+	-	Esquisto (Roca)									
				SONDEO No.25									
56+019	1.80 Der.	0-14	54	30	23	16	12	25	12	4	9	A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		14-50	55	72	60	45	37	33	9	4	7	A-4(0)	Limo Arenoso con Grava
		50-150	56	50	44	36	33	36	12	6	8	A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.9

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : **MANUALES**

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.26									
56+269	1.80 Izq.	0-15	=54	30	23	16	12	25	12			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena

		15-30	=55	72	60	45	37	33	9			A-4(0)	
		30-40	57	40	34	25	19	29	11			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		40-55	58	45	37	29	24	33	11			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		55-68	59	59	45	35	32	40	14			A-2-6(1)	Arena arcillosa con Grava
		68-150	60	76	70	64	62	68	27			A-7-5(15)	Arcilla con Grava
				SONDEO No.27									
56+591	2.0 Der.	0-15	61	91	80	59	40	-	NP			A-4(1)	Limo Arenoso
		15-70	=60	76	70	64	62	68	27			A-7-5(15)	Arcilla con Grava
		70-80	62	65	58	45	40	40	12			A-6(1)	Arcilla Arenosa con Grava
		80-100	63	52	41	27	18	30	9			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava

		100-120	=59	59	45	35	32	40	14			A-2-6(1)	Arena Arcillosa con Grava
		120-150	64	83	63	44	32	24	6			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
				SONDEO No.28									
56+769	1.50 lzq.	0-12	65	32	18	7	3	34	11			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		12-25	=54	30	23	16	12	25	12			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		25-100	66	55	41	26	22	38	10			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		100-+	-	Esquisto (Roca)									

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Marzo 2003

HOJA No.10

PROYECTO: **MONTE CRISTO-LAS CRUCES**

SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

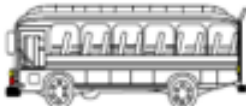
Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L. %	I.P. %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.29									
57+019	1.80 Der.	0-13	67	52	42	29	20	26	6			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava

		13-25	=58	45	37	29	24	33	11			A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		25-40	=60	76	70	64	62	68	27			A-7-5(15)	Arcilla con Grava
		40-55	68	51	42	27	18	26	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		55-90	69	64	52	38	29	30	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		90-150	=66	55	41	26	22	38	10			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
				SONDEO No.30									
57+269	1.50 lzq.	0-25	=67	52	42	29	20	26	6			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		25-40	=69	64	52	38	29	30	7			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		40-100	70	60	47	35	29	42	15			A-2-7(0)	Arena Arcillosa con Grava
		100-+	-	Esquisto (Roca)									
				SONDEO No.31									

57+519	1.50 der.	0-15	71	50	42	30	20	26	5			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		15-35	72	67	57	39	31	35	9			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		35-150	73	62	55	47	45	41	14			A-7-6(3)	Arcilla con Grava

ANEXO 10. TIPOLOGIA VEHICULAR

Tipo de Vehículo	clasificación	Representación Grafica
MOTOS	Incluye todos los tipos de motocicletas tales, como mini motos, cuadra ciclos y taxi motos, etc.	
AUTOS	Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon	
JEEPS	Se consideran todos los vehículos, conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como Toyota, Land Rover, Jeep, etc.	
CAMIONETAS	Son todos los tipos De camionetas que tienen tinas, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están destinadas a trabajos de cargas.	
MINIBUS	Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.	
Tipo de Vehículo	clasificación	Representación Grafica

BUS	Se consideran todos los tipos De buses para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 pasajeros sentados.	
LIVIANO DE CARGA	Incluye todos aquellos vehículos diseñados para el transporte de mercadería liviana y pesada	
CAMION DE CARGA	Son todos aquellos camiones tipo C2 (2 ejes) y C3 (3 ejes), con un peso mayor de 5 ton	
CAMION CARGA PESADA	Son aquellos vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<4.	
Tx-Sx>5	LOS Tx-Sx>5: Se consideran las combinaciones tractor camión y semi remolque, que sea igual o mayor de 5 ejes.	
CAMIÓN COMBINADO	Son combinaciones camión-remolque, que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx	

Cx-Rx>5	Son combinaciones iguales que las anteriores, pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.	
VEHICULO AGRICOLA	Se incluyen remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículos automotor.	
VEHICULOS DE CONSTRUCCION.	Generalmente se utilizan en la construcción de obras civiles, tales como: motos niveladoras, palas mecánicas, Compactadoras,	

ANEXO 11. Formato de conteo vehicular

ESTACION		CONTEO VEHICULAR															
Punto N°		FECHA		SECUENCIAL		CONTADOR DE TRAFICO		COORDINADOR DE SITIO									
Giro																	
Hora	VEHICULOS DE PASAJEROS							VEHICULOS DE CARGA							OTROS VEHICULOS PESADOS		
	Vehículos Livianos				Autobuses			Camiones			Camión Remolque Ca-8a		Trailer Articulado Ta-8a				
	Monos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agrícolas	Construc.	Otros

ANEXO 12 Resumen de aforo los días 15/04/24

Tramo: Monte Cristo-Las cruces

Estacion:
Sentido 1: Monte Crsto-Las cruces

Día: 15/04/24

Hora	Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga							Otros vehiculos Pesados			Suma total por Hora
	Motos	Vehiculos livianos			Autobuses			Camiones			0		Trailer Articulado		Agricolas	Construcción	Otros	
		Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes				
06:00-07:00	24	0	0	0	1	1	0	2	1	1	4	1	2	1	0	0	0	
07:00-08:00	19	4	1	0	2	1	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	34
08:00-09:00	24	4	0	1	2	0	0	1	0	0	0			0	0	0	0	32
09:00-10:00	18	3	0	1	2	0	0	2	0	0	0			0	0	0	0	26
10:00- 11:00	25	4	1	0	2	0	1	2	2	0	1	1	2		0	0	0	41
11:00-12:00	19	6	1	1	1	1	0	1	0	0	0				0	0	0	30
12:00-13:00	24	4	1	0	2	1	1	1	2	0	1	1	2		0	0	0	40
13:00-14:00	19	7	0	2	1	0	0	1	0	0	0				0	0	0	30
14:00-15:00	24	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0				0	0	0	30
15:00-16:00	19	3	0	1	1	0	0	0	0	2	0				0	0	0	26
16:00-17:00	24	5	0	1	1	0	0	1	0	1						0	0	33
17:00-18:00	29	4	0	1	1	0	0		0	1						0	0	36

Tramo: Monte Cristo-Las cruces								Día: 15/04/24		Sentido 2: Las cruces- MonteCristo									
Hora	Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga							Otros vehiculos Pesados				
	Motos	Vehiculos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado						
		Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agricolas	Construcción	Otros		
06:00-07:00	5	6	0	0	1	1	0	2	1	1	6	1	2	1	0	0	0		
07:00-08:00	1	3	1	0	2	1	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0		
08:00-09:00	1	4	0	1	2	0	0	1	0	0	0			0	0	0	0		
09:00-10:00	0	4	0	1	2	0	0	2	0	0	0			0	0	0	0		
10:00- 11:00	1	4	2	0	2	0	1	2	2	0	1	1	2		0	0	0		
11:00-12:00	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0				0	0	0		
12:00-13:00	3	4	1	0	2	1	1	1	2	0	1	1	2		0	0	0		
13:00-14:00	2	7	0	2	1	0	0	1	0	0	0				0	0	0		
14:00-15:00	4	4	0	2	1	1	0	0	0	0	0				0	0	0		
15:00-16:00	5	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0				0	0	0		
16:00-17:00	3	4	0	1	1	0	0	1	0	1						0	0		
17:00-18:00	4	5	0	1	1	0	0		0	1						0	0		

Aforo día 16/04/24

Sentido: Montecristo-Las cruces

Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga								Otros vehiculos Pesados		
Motos	Vehiculos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado					
	Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agricolas			
35	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	
21	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	
16	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	2	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	
36	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	4	0	0	1	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
34	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
18	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tramo: Monte Cristo-Las cruces

Día: 16/04/24

Sentido 2:Las cruces-Monte Cristo

Hora	Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga							Otros vehiculos Pesados		
	Motos	Vehiculos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado				
		Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agricolas	Construcción	Otros
06:00-07:00	20	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00-08:00	12	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0
08:00-09:00	12	2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
09:00-10:00	21	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00- 11:00	8	2	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
11:00-12:00	6	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00-13:00	21	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00-14:00	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00-15:00	24	4	0	0	1	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
15:00-16:00	22	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00-17:00	26	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
17:00-18:00	18	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tramo: Monte Cristo-Las cruces
cruces

Día: 17/04/24

Sentido 1: MonteCristo-Las

Hora	Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga							Otros vehiculos Pesados		
	Motos	Vehiculos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado				
		Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grand e	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agricola s	Construcción	Otros
06:00-07:00	22	0	0	0	1	1	0	2	1	1	4	1	2	1	0	0	0
07:00-08:00	14	3	1	0	0	1	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0
08:00-09:00	16	4	1	1	0	0	0	1	0	0	0			0	0	0	0
09:00-10:00	12	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0			0	0	0	0
10:00- 11:00	13	3	1	0	2	0	1	2	2	0	1	1	2		0	0	0
11:00-12:00	25	4	0	1	1	1	0	1	0	0	0				0	0	0
12:00-13:00	23	4	1	0	2	1	1	1	2	0	1	1	2		0	0	0
13:00-14:00	14	8	0	2	1	0	0	1	0	0	0				0	0	0
14:00-15:00	5	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0				0	0	0
15:00-16:00	18	3	0	1	1	0	0	0	0	2	0				0	0	0
16:00-17:00	15	3	0	1	1	0	0	1	0	1						0	0
17:00-18:00	21	4	0	1	1	0	0		0	1						0	0
		41	4	10	11	5	3	11	7	5	7	4	8	1	0	0	0

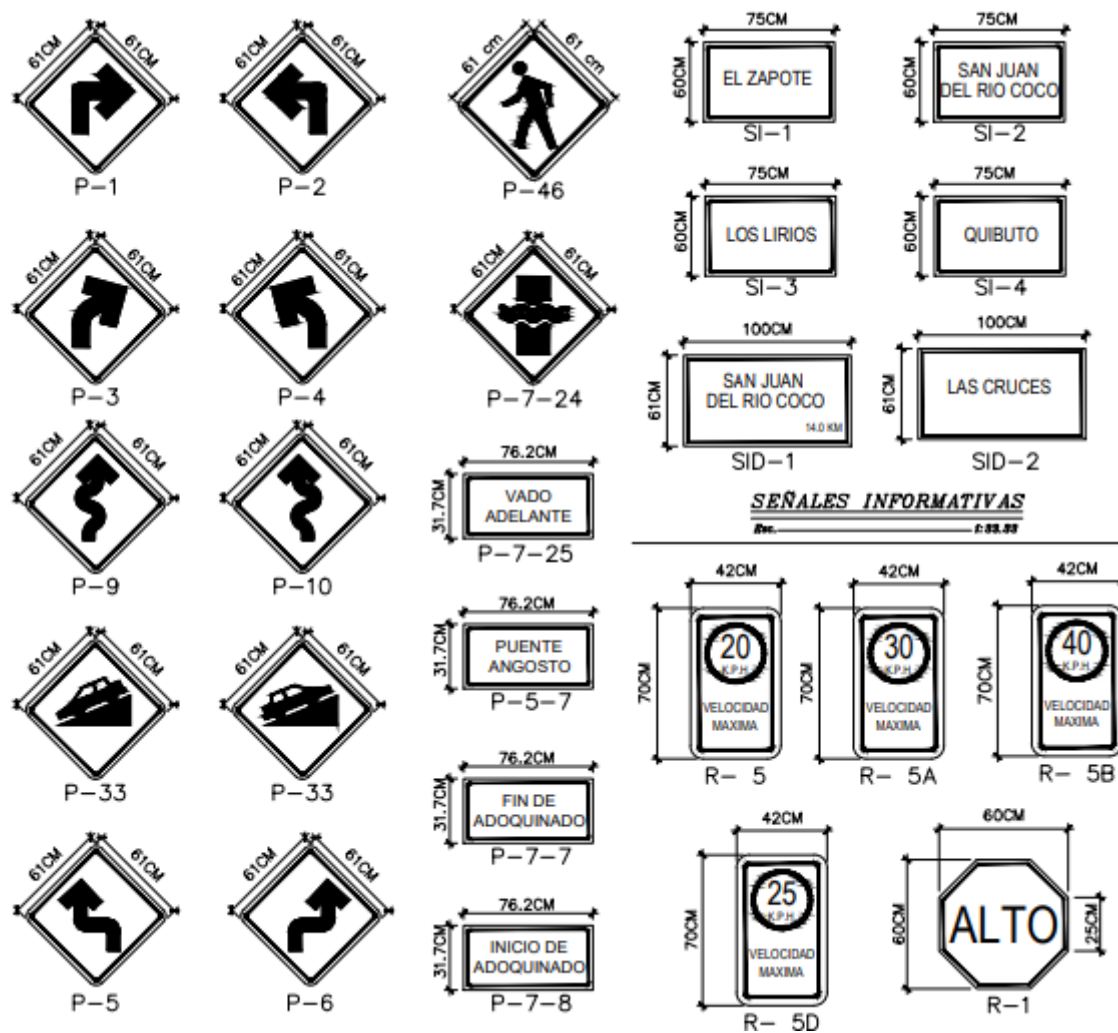
Tramo: Monte Cristo-Las cruces

Día: 17/04/24

Sentido 2: Las cruces-MonteCristo

Hora	Vehiculo pasajeros							Vehiculos de carga							Otros vehiculos Pesados		
	Motos	Vehiculos livianos			Autobuses			Camiones			Camion remolques Cx-Rx		Trailer Articulado				
		Autos	Jeep/SUV	Pick Up	Mbuses	Mbus>15P	Grande	Camion ligero	C2>4Ton	C3	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	Agrícolas	Construcción	Otros
06:00-07:00	12	5	0	0	1	1	0	2	1	1	6	1	2	1	0	0	0
07:00-08:00	10	7	1	0	2	1	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0
08:00-09:00	1	8	0	1	2	0	0	1	0	0	0			0	0	0	0
09:00-10:00	20	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0			0	0	0	0
10:00- 11:00	12	3	2	0	2	0	1	2	2	0	1	1	2		0	0	0
11:00-12:00	13	4	1	1	1	1	0	1	0	0	0				0	0	0
12:00-13:00	15	5	1	0	2	1	1	1	2	0	1	1	2		0	0	0
13:00-14:00	5	9	0	2	1	0	0	1	0	0	0				0	0	0
14:00-15:00	7	4	0	2	1	1	0	0	0	0	0				0	0	0
15:00-16:00	8	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0				0	0	0
16:00-17:00	3	4	0	1	1	0	0	1	0	1						0	0
17:00-18:00	4	5	0	1	1	0	0		0	1						0	0
	110	58	5	10	17	5	3	11	7	3	9	4	8	1	0	0	0

ANEXO 13. TIPOS DE SEÑALIZACIÓN



ANEXO 14 CURVAS HORIZONTALES

ANEXO 15. CURVAS VERTICALES

ANEXO 16. PLANOS