Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción.

DISEÑO GEOMETRICO Y SEÑALIZACION VIAL DE 6 KILOMETROS DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA – LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2025.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero civil.

Elaborado por:

Br. Josías Benjamín Gallegos Mercado
2020-0544I

Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza
2020 - 0753I

Br. Ricardo José Zepeda Noguera
2020 - 0559I

Tutor:

Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.

09 de junio de 2026

Managua, Nicaragua

Managua, Nicaragua
Martes 07 de octubre de 2025

REF/CULM.EST/CIV/085-2025

Br. Josias Benjamin Gallegos Mercado
Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza
Br. Ricardo Jose Zepeda Noguera

Sus manos. –
Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

Por medio de la presente se le(s) comunica que el Tema de Trabajo Monográfico: **"Diseño Geometrico y señalización vial de 6 kilometros del tramo Altos de Masaya – La Carbonera en el municipio de Masaya, departamento de Masaya",** ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) **M.Sc. Darwin Gustavo Centeno Arauz.**

La ejecución, entrega y defensa del Trabajo Monográfico tendrá una duración máxima de 12 meses, a partir de la fecha de aprobación de la Dirección, conforme el Arto. 15 de la Normativa Formas de Culminación de Estudios de la Universidad Nacional de Ingeniería. Siendo el periodo establecido del **07 de octubre del año 2025 al 07 de octubre del año 2026.**

Por lo tanto, ud (s) deberá(n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

a) Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor, pre defensa y defensa.
b) Presentar al tutor sistemáticamente los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
c) Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, cuando a criterio del tutor, considere que el contenido del documento está concluido, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su Trabajo Monográfico para optar al título de **Ingeniero Civil**, se despide.

Atentamente,

Ma. Arq. Marcela Carolina Galán Gaitán
Directora

Cc: Archivo. –

Telf: (505) 8645 4064
Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria
Managua, Nicaragua.
marcela.galan@dacia.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

Managua, Martes 09 de junio del 2026

Msc. Marco Antonio Palma Serrato.

Jefe De Área de conocimiento de arquitectura y construcción.

Universidad Nacional de Ingeniería

Su oficina:

Reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente, me permito comunicar que, tras haber realizado la revisión correspondiente de la monografía titulada: **"DISEÑO GEOMÉTRICO DE 6 KILÓMETROS DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA – LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2025"**, elaborada por los egresados **Josías Benjamín Gallegos Mercado**; **Cairo Eduardo Palacios Espinoza y Ricardo José Zepeda Noguera**, he constatado que dicho trabajo cumple satisfactoriamente con los requisitos académicos, técnicos y metodológicos exigidos.

En virtud de lo anterior, otorgo mi aprobación para que los egresados procedan a la presentación y defensa de su trabajo monográfico ante el tribunal que la autoridad correspondiente estime conveniente designar.

Sin otro particular, reitero mis mejores deseos de éxito en esta etapa final de su formación profesional.

Atentamente,

_____

Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz

Tutor Académico

UNI-DACAC

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero y profundo agradecimiento a Dios, por guiarnos a lo largo de este proceso académico, brindándonos la fortaleza, la claridad y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta. Su presencia ha sido fundamental en cada etapa de este camino.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional por sus sacrificios silenciosos y por la confianza depositada en nosotros. Su respaldo ha sido el motor que nos impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos de mayor dificultad, convirtiéndose en una fuente constante de motivación.

A nuestros docentes, quienes a lo largo de nuestra formación académica han compartido sus conocimiento, experiencias y enseñanzas, contribuyendo significativamente a nuestro desarrollo profesionales.

De manera especial, expresamos nuestro agradecimiento a nuestro tutor de tesis, por su orientación académica, su paciencia, su disposición y sus valiosos aportes, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo, estructuración y culminación de esta investigación.

A nuestros compañeros y colegas, por el intercambio de ideas, el apoyo mutuo y el compañerismo demostrado durante este proceso. La colaboración y el trabajo en equipo que han sido elementos esenciales en este proceso. Asimismo, agradecer a todas pequeñas e instituciones que, de manera directa o indirecta contribuyeron con información, apoyo o recursos para la realización de la tesis.

Finalmente, agradecemos la oportunidad de haber culminado este proyecto, el cual no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también el inicio de nuevos desafíos profesionales, en los que pondremos en práctica los conocimientos adquiridos con responsabilidad, ética y compromiso.

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo de investigación monográfico, en primer lugar, a Dios, por ser la fuente de sabiduría, fortaleza y guía que nos ha acompañado a lo largo de nuestra vida y formación académica. Gracias a su presencia constante hemos logrado superar cada obstáculo y mantenernos firmes en el propósito de culminar esta importante etapa. A nuestros padres, quienes representan el pilar fundamental de nuestro desarrollo personal y profesional. A ellos les debemos no solo este logro, sino también los valores, principios y la formación que nos han permitido avanzar con determinación y sobre todo responsabilidad. Su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional han sido la base sobre la cual hemos construido cada paso de nuestro camino.

A nuestras familias, por su comprensión, paciencia y respaldo constante durante este proceso. Especialmente en los momentos de mayor exigencia, donde su apoyo emocional y motivacional fue determinante para continuar adelante para continuar adelante y no desfallecer antes las dificultades.

Dedicamos también a este trabajo a nuestra formación personal, la cual no solo representa la adquisición de conocimientos técnicos, sino también el desarrollo de un compromiso ético y social con la profesión que hemos elegido. Este logro simboliza el inicio de una etapa en la que asumimos la responsabilidad de aportar al desarrollo de nuestra sociedad con integridad y excelencia. Asimismo, dedicamos este esfuerzo a todos los desafíos enfrentados durante este proceso, los cuales contribuyeron a nuestro crecimiento personal, fortaleciendo nuestra disciplina y capacidad de trabajo en equipo.

Finalmente, dedicamos este logro al esfuerzo conjunto, la constancia y la determinación que nos permitieron culminar con éxito esta investigación, consolidando así un objetivo que representa tanto un logro académico como un paso fundamental hacia nuestro futuro profesional.

¡Gracias!

RESUMEN DEL TEMA

El presente trabajo monográfico, tiene como finalidad desarrollar la propuesta de diseño geométrico con una longitud de 6 km y su señalización vial del tramo de carretera Los Altos de Masaya – Carbonera, aplicando los criterios técnicos establecidos de la normativa centroamericana vigente para el diseño geométrico de carreteras (SIECA, 2011) y el manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014). El estudio fue orientado a plantear una solución vial que contribuya a mejorar las condiciones de circulación, seguridad y funcionalidad del tramo, considerando sus características físicas, topográficas y la operación de tránsito.

En el capítulo I: Generalidades; Se establecieron los fundamentos del estudio, definiéndose la introducción, justificación que destaca la importancia de contar con una propuesta de diseño geométrico debido a las condiciones actuales del tramo, objetivo general y objetivos específicos.

En el capítulo II: Marco Teórico; Se abordaron los conceptos fundamentales relacionados para la correcta ejecución del diseño geométrico tales como: Estudio topográfico, estudio de tránsito, elementos de diseño horizontal y vertical según la norma centroamericana vigente para el diseño geométrico de carreteras (SIECA, 2011) y propuesta de señalización vial según el manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014).

En el capítulo III: Análisis e interpretación de resultados; Se presentan los resultados obtenidos de los estudios realizados para el diseño geométrico del tramo, teniendo en cuenta los aspectos teóricos mencionados en el capítulo II.

Los resultados obtenidos de acuerdo a cada estudio son los siguientes:

- Estudio topográfico: Se realizó el levantamiento topográfico del tramo en estudio, obteniéndose la información planimétrica y altimétrica necesaria para identificar sus características físicas, analizar el comportamiento del terreno y determinar su clasificación de acuerdo con las pendientes

presentes tanto en planta como en el perfil longitudinal. Asimismo, esta información permitió el modelado de la superficie natural sobre la cual se desarrolla el corredor vial propuesto, constituyendo la base técnica para la elaboración del diseño geométrico del tramo.

- Estudio de tránsito: Se efectuó un conteo vehicular durante tres días consecutivos, lo que permitió identificar la composición y el comportamiento del tránsito que circula por el tramo en estudio. A partir de la información recopilada, se obtuvo el resultado del tránsito promedio diario anual usando la metodología del MTI, así como una proyección de la demanda vehicular y la identificación de la frecuencia de circulación de vehículos pesados, información que sirvió de base para la selección del vehículo de diseño.
- Diseño geométrico: Se desarrolló el diseño geométrico de los 6 Km del tramo Altos Masaya – La carbonera definiendo la clasificación funcional de la carretera y selección de todos los componentes que conforman el alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal típica, así como su geometría mediante el programa Autodesk Civil3D 2025, utilizando los criterios de diseño del Manual centroamericano para el diseño geométrico de carreteras (2011) y AASHTO (2011).
- Señalización vial: Se elaboró una propuesta de señalización horizontal y vertical conforme a los lineamientos del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (2014), contemplando marcas longitudinales, dispositivos preventivos, reglamentarios e informativos, con el objetivo de fortalecer la seguridad vial, regular la circulación y mejorar la orientación de los usuarios a lo largo del tramo.

Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones; Se exponen las consideraciones finales del estudio, estructuradas de acuerdo con los objetivos específicos planteados. Asimismo, se establecen recomendaciones siendo de utilidad para su etapa constructiva, tomando en cuenta la ejecución de estudios complementarios que permitan ampliar y fortalecer técnicamente la propuesta de diseño geométrico elaborada.

Índice

CAPITULO I: GENERALIDADES .....

1.1. INTRODUCCIÓN 1

1.2. JUSTIFICACIÓN. 2

1.3. OBJETIVOS. 3

1.3.1. Objetivo general 3

1.3.2. Objetivos específicos 3

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO. .....

2.1. Topografía. 4

2.1.1. Tipos de levantamientos topográficos. 4

2.1.2. Levantamiento de terrenos en general. 4

2.1.3. Topografía de vías de comunicación. 4

2.1.4. Etapas de levantamiento topográfico. 5

2.1.4.1 Planificación. 5

2.1.4.2. Reconocimiento del terreno. 5

2.1.4.3. Recolección y procesamiento de datos. 6

2.1.4.4. Elaboración de informes y planos. 6

2.1.5 Áreas de la topografía. 6

2.1.5.1. Planimetría 6

2.1.5.2. Altimetría. 6

2.1.6. Curvas de nivel. 7

2.1.7. Perfil longitudinal. 7

2.1.8. Pendiente. 7

2.1.8.1. Tipos de pendiente en diseño geométrico vial 7

2.1.9. Secciones transversales. 8

2.2. Estudio de tránsito. 8

2.2.1. Estaciones de Mayor Cobertura (EMC). 8
2.2.2. Estaciones de Corta Duración (ECD). 9
2.2.3. Aforo 9
2.2.4. Factores de expansión. 9
2.2.4.1. Factor día. 9
2.2.4.2. Factor semana. 9
2.2.4.3. Factor fin de semana. 10
2.2.4.4. Factor de expansión. 10
2.3. Señalización vial. 14
2.3.1. Estudios de ingeniería requeridos. 15
2.3.2. Señalización vertical. 15
2.3.1.1. Señales preventivas 15
2.3.1.2. Señales reglamentarias 15
2.3.1.3. Señales informativas 16
2.3.2. Señalización horizontal. 16
2.3.2.1. Líneas longitudinales. 16
2.3.2.2. Marcas transversales. 16
2.4. Diseño geométrico. 17
2.4.1. Elementos de diseño geométrico del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. 17
2.4.1.1. Distancia de visibilidad en carreteras. 18
2.4.1.2. Distancia de visibilidad de parada. 18
2.4.1.3. Distancia de visibilidad de adelantamiento. 19
2.4.1.4. Distancia de visibilidad de decisión. 19
2.4.1.5. Velocidad de diseño. 20

2.4.1.6. Vehículo de diseño. 20
2.4.1.7. Alineamiento horizontal..... 21
2.4.1.8. Tangente. 21
2.4.2. Líneas de transición y sus elementos. 21
2.4.2.1. Curvas horizontales (circulares.) 22
2.4.2.2. Radio mínimo, grados de curva. 22
2.4.2.3. Curvas con espirales de transición. 23
2.4.2.4. Desarrollo de peralte. 23
2.4.2.5. Diseño de sobre-ancho..... 24
2.4.2.6. Alineamiento vertical. 24
2.4.2.7. Tipos de curva vertical. 24
2.4.2.8. Pendiente máxima. 25
2.4.2.9. Pendiente mínima. 25
2.4.2.10. Longitud critica. 25
CAPITULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....
3.1. Macrolocalización 26
3.1.1. Microlocalización 27
3.2. Estudio topográfico. 28
3.2.1. Metodología. 28
3.2.2 Procedimiento y desarrollo del estudio topográfico. 29
3.2.2.1. Levantamiento topográfico. 29
3.2.2.2. Registro de datos. 30
3.2.3. Tipo de terreno de la vía. 31
3.3. Estudio de tránsito. 34
3.3.1. Metodología. 35

3.3.2. Aforo Vehicular. 36
3.3.3. Tránsito promedio diario (TPD_i) 38
3.3.4. Tránsito promedio diario anual (TPDA). 40
3.3.4.1. Identificación de los vectores de correspondencia. 40
3.3.4.2. Estaciones de conteo. 41
3.3.4.3. Cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA). 44
3.3.5. Proyección del tránsito promedio diario anual. 49
3.3.5.1. Periodo de diseño. 49
3.3.5.2. Variables económicas. 50
3.3.5.3. Tasa de crecimiento vehicular. 52
3.3.5.4. Tasa de crecimiento poblacional. 55
3.3.5.5. Tasa de crecimiento de producto interno bruto. 57
3.3.5.6. Tasa de crecimiento de consumo de combustible. 58
3.3.5.7. Selección de la tasa de crecimiento. 60
3.3.5.8. Tránsito normal y proyección de tránsito. 60
3.4. Diseño geométrico. 63
3.4.1. Controles y criterios de diseño. 63
3.4.1.1. Clasificación de la zona de estudio del tramo. 63
3.4.1.2. Clasificación funcional de la carretera. 63
3.4.1.3. Vehículo de diseño. 65
3.4.1.5. Velocidad de diseño. 67
3.4.1.6.1. Velocidad de ruedo. 68
3.4.2. Definición de la sección transversal. 69
3.4.2.1. Derecho de vía. 69
3.4.2.2. Ancho de calzada. 70

3.4.2.3. Hombros y acera. 70
3.4.2.4. Cuneta. 72
3.4.3. Alineamiento horizontal 73
3.4.3.1. Tasa de peralte máximo. 73
3.4.3.2. Factor de fricción lateral. 73
3.4.3.3. Radio mínimo de curva. 74
3.4.3.3.1. Comprobación de peralte máximo y fricción lateral. 75
3.4.3.4. Grado de curvatura. 75
3.4.3.5. Longitud máxima en recta (Tangente). 76
3.4.3.6. Radio máximo de curvas de transición tipo espiral. 76
3.4.3.7. Longitudes de transición 77
3.4.3.7.1. Longitud de transición para curvas simples. 77
3.4.3.7.2. Cálculo de longitud de transición y aplanamiento en curva circular simple. (Curva 1) 78
3.4.3.8. Sobreancho en curvas. 79
3.4.3.9. Bombeo de la pendiente transversal. 82
3.4.3.10. Diseño y cálculo de curva horizontal simple (Curva 1 y 3). 83
3.4.4. Alineamiento vertical. 87
3.4.4.1. Pendientes de control para el diseño. 87
3.4.4.2 Pendiente mínima. 87
3.4.4.3. Tasa de curvatura vertical (K) 88
3.4.4.4. Diseño y cálculo de curva vertical en cresta (Convexa descendente tipo III). 89
3.4.4.5. Diseño y cálculo de curva vertical en columpio (Cóncava descendente Tipo II) 93
3.4.5. Parámetros de diseño utilizados. 96

3.5. Señalización vial. 97
3.5.1. Señalización Vertical 97
3.5.1.1 Propuesta de señalización vial Vertical..... 98
3.5.2. Señalización Horizontal 112
3.5.2.1. Clasificación de las señalizaciones Horizontales..... 112
3.5.2.2. Propuesta de señalizaciones Horizontales. 114
3.6. Registro de reportes técnicos y elaboración de planos. 117
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....
4.1. Conclusiones. 118
4.2. Recomendaciones. 120
V. BIBLIOGRAFIA..... 121
VI. ANEXOS. i

Índice de tablas.

Tabla 1. Análisis de pendiente en planta de la superficie mediante AutoCAD Civil3D……..... 32
Tabla 2. Clasificación de los terrenos en base a las pendientes naturales. ... 33
Tabla 3. Resumen de resultados de aforo vehicular diurno en ambos sentidos, Tramo Los altos de Masaya – La Carbonera..... 37
Tabla 4. Vector y nombre de región de estaciones de conteo. 40
Tabla 5. Tránsito promedio anual histórico de la estación 432 Rtda. Nindirí – Rtda Coyotepe (Circunvalación)..... 42
Tabla 6. Tránsito promedio diario anual de la estación 433 Rtda. Coyotepe - Rtda. Tisma - Rtda. Las Flores. 42
Tabla 7. Tránsito promedio diario anual de la estación 429A Emp. Guanacaste - El Mombacho. 43

Tabla 8. Dependencia de estaciones EMC 1802 – San Marcos – Masatepe. 44

Tabla 9. Factores de ajuste del tercer cuatrimestre del año (Septiembre – Diciembre) de la estación EMC 1802 San Marcos – Masatepe..... 45

Tabla 10. Tránsito promedio diario anual base del año 2025 en el tramo vehicular Los Altos de Masaya – La carbonera. 46

Tabla 11. Porcentaje vehicular de Estaciones de Mayor Cobertura 49

Tabla 12. Clasificación funcional de carreteras por TPDA. 50

Tabla 13. Periodos de diseño para proyección de tránsito. 50

Tabla 14. Variables económicas para la obtención de tasas de crecimiento. 51

Tabla 15. Tasa de crecimiento TPDA histórico EMC 1802 San Marcos – Masatepe……..... 53

Tabla 16. Tasa de crecimiento TPDA histórico ECD 429A Emp. Guanacaste – Mombacho……..... 53

Tabla 17. Tasa de crecimiento poblacional 2000 - 2024 55

Tabla 18. Tasa de crecimiento producto interno bruto (PIB). 57

Tabla 19. Tasa de crecimiento del consumo de combustible. 59

Tabla 20. Proyección del tránsito promedio diario anual con una tasa de crecimiento de 5.609% 62

Tabla 21. Clasificación funcional de la carretera y servicios que provee. 64

Tabla 22. Clasificación funcional respecto al TPDA. 64

Tabla 23. Apéndice 1, Características generales de vehículos de diseño. ... 66

Tabla 24. Dimensiones de los vehículos de diseño. 66

Tabla 25. Radios de giro según el tipo de vehículo de diseño. 67

Tabla 26. Velocidad de diseño asignada al tramo..... 68

Tabla 27. Velocidad promedio de ruedo..... 69

Tabla 28. Anchos mínimos de hombros y aceras. 71

Tabla 29. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”. 74

Tabla 30. Radio máximo para el uso de curva de transición espiral. 76

Tabla 31. Máxima pendiente relativa 78

Tabla 32. Obtención del sobreancho para un radio de 160 metros mediante interpolación lineal. 80

Tabla 33. Valores de sobreancho utilizados en el diseño geométrico vial. ... 81

Tabla 34. Valores de diseño para sobreancho en curvas de carreteras. 81

Tabla 35. Bombeo normal de la calzada. 82

Tabla 36. Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales. 87

Tabla 37. Control de diseño para curva vertical en cresta. 88

Tabla 38. Control de diseño para curva vertical en columpio. 89

Tabla 39. Parámetros de diseño utilizados para el cálculo de alineamiento horizontal y vertical. 96

Tabla 40. Consolidado de señales verticales y propuesta 98

Tabla 41. Colocación de delineadores Chevron en el tramo Altos de Masaya – La carbonera. 112

Tabla 42. Clasificación de señalizaciones horizontales. 113

Tabla 43. Señalización horizontal en el tramo Altos Masaya – La carbonera……..... 114

Tabla 44. Líneas continuas y discontinuas. 115

Tabla 45. Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico. vi

Tabla 46. Peralte de diseño (Ed) en función de radio de curva horizontal propuesto para el cálculo de longitud de transición. viii

Tabla 47. Formato para conteo de tránsito vehicular por día. ix

Tabla 48. Aforo Vehicular DIRECCION A-B (martes 16 de diciembre 2025) .. x

Tabla 49. Aforo Vehicular DIRECCION B-A (martes 16 de diciembre 2025) .xii

Tabla 50. Aforo Vehicular DIRECCION A-B (miércoles 17 de diciembre 2025)…….....xiv

Tabla 51. Aforo Vehicular DIRECCION B-A (miércoles 17 de diciembre 2025)…….....xvi

Tabla 52. Aforo vehicular Dirección A-B (jueves 18 de diciembre 2025) xviii

Tabla 53. Aforo Vehicular DIRECCION B-A (jueves 18 de diciembre 2025)..xx

Tabla 54. Resultados de curvas horizontales en el tramo de estudio. xxii

Tabla 55. Resultados de curvas verticales del tramo Altos de Masaya – La Carbonera…..…..... xxiii

Tabla 56. Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales. xxiv

Tabla 57. Pendiente máxima para calles colectoras rurales. xxiv

Tabla 58. Pendiente máxima para autopistas urbanas y rurales. xxiv

Índice de figuras.

Figura 1. Macro Localización del tramo Los altos de Masaya – La carbonera. 26

Figura 2. Micro localización del tramo Los altos de Masaya – La Carbonera...27

Figura 3. Análisis de pendiente del perfil longitudinal (Tramo 3+300 – 3+900) 33

Figura 4. Comportamiento del TPDi 38

Figura 5. Comportamiento vehicular por día del tramo Los altos de Masaya – La carbonera. 39

Figura 6. Porcentaje vehicular TPDA del tramo Los altos de Masaya – La carbonera…..... 47

Figura 7. Composición vehicular respecto al TPDA del tramo Los altos de Masaya – La carbonera. 48

Figura 8. Línea de tendencia TPDA EMC 1802 San marcos – Masatepe. 54

Figura 9. Línea de tendencia TPDA ECD 429A Emp. Guanacaste – Mombacho……..... 54

Figura 10. Línea de tendencia poblacional. 56

Figura 11. Línea de tendencia de producto interno bruto..... 58

Figura 12. Línea de tendencia consumo nacional de combustible..... 60

Figura 13. Dimensiones de cuneta para sección transversal..... 72

Figura 14. Curva vertical convexa descendente (Caso 3)..... 90

Figura 15. Curva vertical cóncava descendente (Caso 5)..... 94

Figura 16. Situación actual del terreno..... i

Figura 17. Levantamiento topográfico de 6km tramo Altos Masaya – La carbonera…..... iii

Figura 18. Ejecución de aforo vehicular estación 0+000 del tramo Altos de Masaya – La carbonera..... v

Figura 19. Dimensiones y trayectoria de giro del vehículo de diseño (WB-15)…….. vii

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto se desarrolla en el municipio de Masaya, departamento de Masaya, específicamente en el sector de los altos de Masaya, el cual presenta características predominantemente rurales con asentamientos poblacionales dispersos y actividades económicas vinculadas principalmente a la agricultura. Este municipio cuenta con una extensión territorial aproximadamente de 146 km^2 y se localiza 28 km al sureste de la ciudad de Managua, lo que le confiere una posición estratégica dentro de la región del pacifico nicaragüense.

El tramo de estudio se localiza en los altos de Masaya finalizando en la carbonera entre las coordenadas 12° 02' 38.02" - 12° 05' 26.37" latitud norte y 86° 06' 02.70" - 86° 04' 34.81" longitud oeste.

El proyecto consiste en el diseño geométrico y señalización vial del tramo de carretera, la cual es catalogada como una carretera colectora menor rural. Para la elaboración de la presente propuesta de diseño y señalización vial, se utilizarán estudios topográficos y de tránsito, así como el diseño geométrico y la señalización vial, apoyados mediante el uso del software Autodesk AutoCAD Civil 3D. junto con la aplicación de normativas y lineamientos técnicos reconocidos en el ámbito del diseño vial y la seguridad de tránsito. Entre estos se incluyen, el Manual Centroamericano de normas para el Diseño geométrico de Carreteras, con enfoque en gestión de riesgo y seguridad vial (SIECA, 3ª edición, 2011); el A Policy on Geometric Designo of Highways and Streets (AASHTO,2011); Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito, 2014. Mediante la elaboración del diseño geométrico utilizando Civil 3D, se busca generar un documento de carácter práctico que sirva como herramienta de apoyo vinculados a la ingeniería vial, facilitando el uso de esta tecnología y asegurando el cumplimiento de los criterios y estándares de diseño establecido por las normativas mencionadas.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

El presente documento tiene como propósito desarrollar el diseño geométrico de un tramo vial de seis kilómetros ubicado entre Altos de Masaya y la comunidad de La Carbonera, en el municipio de Masaya, departamento de Masaya, Nicaragua. Esta vía representa un corredor estratégico dentro de la red vial local, ya que conecta zonas con fuerte dinamismo económico, social y productivo. El tramo propuesto, forma parte de la red de carreteras colectoras, en este caso funcionando como una carretera colectora mayor o principal. se enlaza con la carretera arterial de los altos de Masaya que conecta con la carbonera y comunidades como barrio los mercados, comunidad de San Ramón y San Alejandro, enlazando con la carretera arterial que lleva a Tisma.

Esta carretera es muy transitada por comerciantes, conductores de transporte ligero de 3 ruedas motorizados y no motorizados, estudiantes y población general en el trayecto de los 6 kilómetros, son afectados por el estado de la carretera, debido a pendientes pronunciadas, deterioro del suelo por encharcamiento y láminas de agua estancadas por precipitación y desgaste del suelo. El tramo carece de una infraestructura vial adecuada, presentando fallas geométricas, ausencia de señalización, deterioro superficial y falta de condiciones de seguridad vial, lo que obstaculiza la circulación eficiente de vehículos y personas.

Se propone mejorar el alineamiento horizontal y vertical del tramo, considerando radios de curvatura, pendientes, visibilidad y secciones transversales, garantizando seguridad vial, eficiencia y durabilidad. Servirá como base técnica para futuras intervenciones por parte de las autoridades municipales, departamentales o entidades privadas interesadas en el mejoramiento vial. Beneficiará a los usuarios de la vía: conductores, peatones, productores agrícolas, comerciantes y estudiantes, lo cual reducirá costos de transporte, mejorada la seguridad vial y fortalecida su conexión con centros urbanos. Asimismo, servirá a instituciones como la Alcaldía de Masaya, el ministerio de transporte e infraestructura (MTI) y organismos de cooperación internacional que requieran estudios previos bien fundamentados para ejecutar obras de infraestructura vial.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo general

Realizar el diseño geométrico y señalización vial de 6 kilómetros del tramo altos de Masaya - La Carbonera en el municipio Masaya, Departamento de Masaya, 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico planialtimétrico del tramo por secciones transversales, incorporando coordenadas GPS para el trazado de la poligonal, con el propósito de identificación del relieve y configuración del terreno.
- Ejecutar el estudio de tránsito para la determinación del TPDA, vehículo de diseño y elementos de diseño geométrico por medio de un aforo manual que permita el cálculo de los volúmenes y las proyecciones futuras en base al anuario de aforos de tráfico 2020.
- Proponer las condiciones de seguridad vial y medidas complementarias en el diseño geométrico del tramo, considerando señalización, visibilidad y accesibilidad, con base en la normativa Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 3ra Edición, 2011 y Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito, 2014.
- Elaborar el diseño geométrico vial del tramo conforme al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 3ra Edición, 2011, elementos de tránsito considerando la norma AASHTO (2011) y el software Civil 3D 2025.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1. Topografía.

La topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También, podemos mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinados (replanteo). El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (sistema métrico decimal) y para direcciones se emplean unidades de arco. (Morales W, 2010 p.10)

2.1.1. Tipos de levantamientos topográficos.

Un levantamiento Topográfico es aquel que puede abarcar superficies reducidas, pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre, sin error apreciable. El Levantamiento topográfico comprende 2 etapas: Etapa de campo que consiste en la toma de datos, tales como ángulos, distancias, etc. y etapa de gabinete que corresponde al cálculo y dibujo de lo levantado en el campo. (Morales W, 2010 p.10-11).

2.1.2. Levantamiento de terrenos en general.

Tienen por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficie, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones. (Morales W, 2010, p.10).

2.1.3. Topografía de vías de comunicación.

“Es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, líneas de transmisión, acueductos, etc.”. (Morales W, 2010, p.10).

2.1.4. Etapas de levantamiento topográfico.

Las etapas del levantamiento topográfico comprenden un conjunto de fases secuenciales que incluyen la planeación del trabajo, la toma de datos en campo mediante instrumentos especializados, el procesamiento y ajuste de las mediciones, la representación gráfica de la información recolectada, la entrega de resultados y documentación, y finalmente la revisión y control de calidad para garantizar la precisión y confiabilidad del levantamiento. (Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2012). *Topografía* (10ª ed.), p. 38).

2.1.4.1 Planificación.

- Determinación del área y objetivos del levantamiento: Es fundamental definir claramente el área de estudio y los objetivos específicos del levantamiento. Esto permite enfocar los esfuerzos y recursos de manera eficiente además de hacer profundidad en las necesidades de cada proyecto.

- Determinar los equipos a utilizar: La selección de equipos adecuados es crucial. Entre los equipos más comunes se encuentran la estación total, niveles electrónicos, navegadores GPS y drones. La selección de la tecnología a utilizar depende de las características del terreno y los objetivos del proyecto.

2.1.4.2. Reconocimiento del terreno.

El conocimiento del terreno es una etapa fundamental en cualquier proyecto topográfico, ya que implica el reconocimiento y análisis de las características físicas, geomorfológicas y ambientales del área de estudio. Este conocimiento permite identificar obstáculos, determinar el tipo de suelo, las pendientes, la vegetación y las condiciones climáticas, factores que influyen en la selección de métodos y equipos adecuados para el levantamiento, así como en la planificación eficiente del trabajo de campo. (Wolf, P. R., & Ghilani, C. D., 2012, p. 50–52).

2.1.4.3. Recolección y procesamiento de datos.

Los datos obtenidos en campo deben ser corregidos, depurados y ajustados mediante procedimientos matemáticos. Esto incluye cálculos de coordenadas, nivelaciones, y ajustes de poligonales o redes topográficas, usando métodos como el de mínimos cuadrados para garantizar precisión y coherencia en los resultados. **(**Wolf & Ghilani, 2012, p. 310).

2.1.4.4. Elaboración de informes y planos.

Proporciona una representación precisa del terreno, permitiendo una adecuada toma de decisiones, la topografía permite determinar la ubicación adecuada para llevar a cabo las obras, identificar posibles obstáculos naturales o artificiales y diseñar soluciones eficientes y sostenibles. (Morales W, 2010 p.125)

2.1.5 Áreas de la topografía.

Las áreas de la topografía son las distintas ramas o campos de especialización dentro de la topografía que se enfocan en aspectos específicos de la medición, análisis y representación del terreno. Cada área utiliza métodos y herramientas particulares según el tipo de superficie, la extensión del terreno, y el propósito del levantamiento (urbano, rural, geodésico, constructivo, etc.). (Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. 2012. p.5)

2.1.5.1. Planimetría

Estudia las dimensiones horizontales del terreno (longitudes, ángulos y ubicaciones de puntos en un plano). (Wolf, P. R., & Ghilani, C. D, 2012, p.6).

2.1.5.2. Altimetría.

Analiza las diferencias de altura entre distintos puntos del terreno (niveles, cotas, curvas de nivel). (Wolf, P. R., & Ghilani, C. D., 2012. p.7).

2.1.6. Curvas de nivel.

Es una línea dibujada en un mapa, o en un plano, la cual une todos los puntos que tienen la misma altura o elevación con respecto a un plano de referencia que puede ser arbitrario o el nivel medio del mar. (Morales W, 2010 p.177)

2.1.7. Perfil longitudinal.

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) y en los puntos críticos como caminos, puentes, alcantarillas, etc. Cuando estos puntos o elevaciones se dibujan en un papel milimétrico, producen un perfil que es una sección vertical del terreno a lo largo de una línea fija. (Morales W, 2010, p.149)

2.1.8. Pendiente.

La pendiente se refiere a la inclinación de la rasante de una vía o carretera respecto al nivel horizontal del terreno. Es un factor fundamental para la planificación y diseño de carreteras, ya que influye directamente en la seguridad, el confort de los conductores, la estabilidad del terreno y el drenaje de las aguas pluviales. (Norma Técnica Nicaragüense para el Diseño y Construcción de Urbanizaciones)

2.1.8.1. Tipos de pendiente en diseño geométrico vial

1. Pendiente longitudinal: Se refiere a la inclinación a lo largo de la dirección de la carretera, es decir, el cambio de altura de un punto a lo largo de la vía. Es importante para determinar el comportamiento del agua de lluvia y la capacidad de los vehículos para ascender o descender por la vía. (Norma Técnica Nicaragüense para el Diseño y Construcción de Urbanizaciones)

2. Pendiente transversal: Es la inclinación que se da en la vía en la dirección perpendicular a la rasante (de lado a lado). Está pendiente es necesaria para garantizar que las aguas pluviales se drenen hacia las cunetas o sistemas de drenaje sin acumularse en la carretera. (Norma Técnica Nicaragüense para el Diseño y Construcción de Urbanizaciones)

2.1.9. Secciones transversales.

Cuando se va a cortar o a rellenar un terreno hasta un nivel determinado, por ejemplo, al excavar un sótano para un edificio, Nivelar un terreno para riego por gravedad, construcción de carreteras, etc. Sé tienen que levantar secciones transversales. Con frecuencia se obtiene la forma de la superficie de un lote o terreno, estaquillando su superficie en forma cuadricula, los lados pueden ser de 50m, 25m, 20m, 10m y 5m según el nivel de detalle y el objetivo de la obra, determinando luego las elevaciones de los vértices de la cuadricula. Se deben levantar perpendiculares al eje longitudinal en todas las estaciones del eje. (Morales W, 2010 p.154)

2.2. 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. Generalmente los datos de tránsito para un camino o sección de camino están disponibles o pueden obtenerse mediante conteos ya sean manuales o electrónicos. (SIECA, 2011, p. 48)

2.2.1. Estaciones de Mayor Cobertura (EMC).

Las estaciones de mayor cobertura (EMC) se definen como aquellas “de conteos continuos en los 365 días al año con conteos clasificados de 24 horas por día”, aunque recientemente el sistema se ajustó para realizar tres conteos al año, de

siete días consecutivos cada uno, lo que permite obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) como promedio de esos períodos (MTI, 2021, p. 9).

2.2.2. Estaciones de Corta Duración (ECD).

Las Estaciones de Corta Duración (ECD) son aquellas en las que “los flujos reportados son mayores de 300 TPDA” y los conteos se realizan “por 12 horas continuas (6:00 a.m. – 6:00 p.m.) por tres días consecutivos (martes, miércoles y jueves)” (MTI, 2021, p. 9).

2.2.3. Aforo

Cal y Mayor & Cárdenas Destacan que “Método de medición que consiste en contar vehículos, ciclistas, peatones o pasajeros que pasan por un punto dado, para estimar parámetros como volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad.” (Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones, 2018, p.180).

2.2.4. Factores de expansión.

Según el ministerio de transporte e infraestructura “para estimar el valor del TPDA correspondiente a los datos obtenidos de los conteos en las estaciones de corta duración o conteo sumaria, se aplicarán los factores correspondientes de los valores de volúmenes de tráfico encontrados en las estaciones de mayor cobertura.” (MTI, 2021, p.9).

2.2.4.1. Factor día.

El ministerio de transporte e infraestructura destaca que “Corresponde expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas, se obtiene mediante los resultados correspondientes de las estaciones de mayor cobertura de 24 horas.” (MTI, 2021, p.11)

2.2.4.2. Factor semana.

El ministerio de transporte e infraestructura menciona que “El factor para expandir el resultado obtenido para un periodo corto de tres días de la semana (martes a

jueves) a los promedios semanales de 7 días (lunes a domingo).” (MTI, 2021, p. 12).

2.2.4.3. Factor fin de semana.

El anuario de aforos de tráfico menciona que “es el factor para expandir un conteo realizado durante el fin de semana a los 7 días de la semana.” (MTI, 2021, p.12)

2.2.4.4. Factor de expansión.

Es el factor para expandir el tráfico diario semanal al tránsito promedio diario anual (TPDA) por tipo de vehículo, el que se obtiene de los conteos realizados en las estaciones de mayor cobertura, puede calcularse con la siguiente formula:

$$FE = \left(\frac{TPS\ 1er.conteo\ EMC + TPS\ 2do.conteo\ EMC + TPS\ 3er.conteo\ EMC}{3 * TPS\ Trabajando}\right)$$ (Ecuación 1)

2.2.5. Estaciones de Conteo Sumaria (ECS).

Las Estaciones de Conteo Sumaria (ECS) se refieren a aquellas donde “los volúmenes [vehiculares] son menores a 300 TPDA” y al igual que las ECD, los conteos se ejecutan en jornadas de 12 horas durante tres días consecutivos (MTI, 2021, p. 9).

2.2.6. Vehículos de estudio.

En los estudios de tránsito, los "vehículos de estudio" son aquellos seleccionados para analizar su comportamiento en la vía, considerando características como tipo, peso, dimensiones y frecuencia de circulación. Esta selección es esencial para el diseño geométrico y estructural de las carreteras, ya que permite adaptar la infraestructura a las necesidades del tránsito predominante.

2.2.7. Clasificación vehicular.

La hoja de clasificación vehicular utilizada en campo está compuesta por 17 tipos de vehículos, los cuales están desglosados de la siguiente manera: Motocicleta, automóviles, jeep, camioneta, microbús, minibus, bus, liviano de carga, camión rígido sencillo de 2 ejes, camión rígido sencillo de 3 ejes, camión de carga Tx-Sx

menor a 4 ejes, camión de carga Tx-Sx mayor a 5 ejes, camión combinado Cx-Rx menor a 4 ejes, camión combinado Cx-Rx mayor a 5 ejes, vehículo agrícola (tractor), vehículo de construcción (niveladora) y otro (remolque halado por un vehículo liviano). (MTI, 2021, p. 26).

Para el levantamiento de información en campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, ya que difieren unos de otros, actualmente en nuestro país hay gran variedad de vehículos, para simplificar su estudio es conveniente agruparlos en cuatro categorías:

Motocicletas: Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, con o sin transporte, esta categoría incluye scooter, motonetas, motocarros, cuadra ciclos y otros triciclos a motor. (MTI, 2021, p. 26).

Vehículos livianos: son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, automóviles, jeep, camionetas y microbuses de uso personal. (MTI, 2021, p. 26).

Vehículos pesados de pasajeros: son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 15 pasajeros y Microbuses Medianos de 25 pasajeros y los buses medianos y grandes. (MTI, 2021, p. 26).

Vehículos pesados de carga: son los vehículos destinados al transporte pesado de carga mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2, 3, 4, 5 y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2), camiones C3, C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción. (MTI, 2021, p. 26).

2.2.8. Volumen de tránsito.

El volumen de tránsito se refiere a la cantidad de vehículos que pasan por un punto específico de una carretera durante un período determinado. Una medida común es el tránsito promedio diario anual (TPDA), que representa el promedio diario de vehículos que transitan por un punto durante un año. (MTI, 2021, p. 7).

El rango de volúmenes de TPDA en las estaciones cubiertas por el sistema varía desde menores de 300 hasta más de 50,000 vehículos por día, considerándose los siguientes intervalos:

V1 - TPDA mayor de 5000

V2 - TPDA de 300 a 5000

V3 – TPDA menores de 300

2.2.9. Demanda.

En el contexto del transporte, la demanda se refiere a la cantidad de viajes o desplazamientos que los usuarios desean realizar en un sistema vial durante un período específico. Esta demanda puede variar según factores como la hora del día, el día de la semana y las condiciones socioeconómicas de la región.

2.2.10. Tasa de flujo.

La tasa de flujo es la cantidad de vehículos que pasan por un punto de la vía durante un intervalo de tiempo específico, generalmente expresado en vehículos por hora. Este indicador es crucial para evaluar la capacidad y el nivel de servicio de una carretera.

2.2.11. Tránsito diario.

Tránsito diario, en el contexto de diseño de calles o carreteras, se refiere al número de vehículos que circulan por un tramo específico durante un día típico. Generalmente, este valor se mide como el Tránsito Promedio Diario (TPD) o el tránsito promedio diario anual (TPDA). El tránsito promedio diario es un parámetro esencial para definir el tipo de carretera y sus características geométricas, SIECA 2011 (p. 2-5).

2.2.12. Tránsito horario.

El tránsito horario se refiere al número de vehículos que pasan por un punto específico de una calle o carretera durante una hora determinada. Se usa especialmente para analizar los momentos de mayor demanda, conocidos como

horas pico. El tránsito de la hora pico recoge la necesidad de referir el diseño no a la hora máxima que se registra en un año ni a la hora promedio sino a una hora intermedia que admita cierto grado de tolerancia a la ocurrencia de demandas horarias extremas que pueden quedar con menores niveles de comodidad para la conducción. Una guía para determinar el tránsito horario más adecuado a usar en el diseño es una curva que muestre la variación de los volúmenes de tránsito horario durante el año. (SIECA 2011, p. 49)

2.2.13. 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, divido por el número de días comprendido en ese período de tiempo.

El conocimiento del volumen TPDA es importante para muchos propósitos; por ejemplo, determinación de la utilización anual como justificación para gastos propuestos o para el diseño de los elementos estructurales de una carretera, pero su uso directo en el diseño geométrico de carreteras no es apropiado, excepto para calles y carreteras colectoras con relativamente bajos volúmenes de tránsito, porque no indica la variación en el tránsito que ocurre durante los meses del año, días de la semana y horas del día. La cantidad por la cual el volumen de un día medio es excedido en ciertos días es apreciable y variable. (SIECA 2011, p. 49).

2.2.14. Proyección de tránsito.

Cuando se diseña una carretera nueva o se mejora una existente, debe considerarse el volumen de tránsito esperado durante todo el período de diseño, asumiendo que se mantendrá en condiciones razonables de mantenimiento. Sin embargo, definir dicho período no es sencillo, ya que depende de la vida útil física de cada elemento, la calidad del mantenimiento y posibles cambios en el uso del suelo.

Para propósitos prácticos, se recomienda utilizar un período de proyección de 20 años para nuevas carreteras. En el caso de proyectos de reconstrucción o rehabilitación, puede reducirse a 10 años. Esto se debe a la dificultad de prever con exactitud cambios futuros en factores como economía, población o desarrollo urbano.

El manual destaca dos métodos principales para realizar la proyección:

1. **Tendencias históricas**: Basado en registros de volúmenes de tránsito de al menos 10 años, permite formular hipótesis sobre el crecimiento futuro (SIECA, 2017, p. 53).
2. **Indicadores socioeconómicos**: Este método utiliza relaciones estadísticas entre el comportamiento del tránsito y variables como el consumo de combustibles, población o nivel económico (SIECA, 2017, p. 53).

2.3. Señalización vial.

SIECA (2011) Establece que:

Los dispositivos de control de tránsito son aquellos que proveen información de dirección y navegación que de otra manera no estaría disponible. Estos dispositivos incluyen información regulatoria, de precaución y señales de guía y otra información que sirve de guía sobre la ruta. (p.44)

Otros elementos de control de tránsito tales como las marcas en el pavimento y delineadores, muestran información adicional que aumentan alguna característica de la carretera e ayudan a los conductores a percibir la información que de otra manera seria difícil de reconocer. (p.44)

2.3.1. Estudios de ingeniería requeridos.

SIECA (2014) establece que:

La decisión de utilizar un dispositivo en particular en una localización determinada, deberá basarse en un estudio de ingeniería de tránsito de ese sitio. Aun cuando este Manual prevé estándares para el diseño y la aplicación de dispositivos de control de tránsito, el Manual no es sustituto del juicio y criterio de un ingeniero calificado. (p.34)

2.3.2. Señalización vertical.

SIECA (2014) menciona que:

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito, constituidas por placas fijadas en postes, estructuras instaladas sobre las vías o adyacentes a ellas, o aparatos luminosos, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, o para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones. (p.39)

2.3.1.1. Señales preventivas

La función de una señal preventiva es advertir la existencia y naturaleza de un peligro en la vía o en sus mediaciones, SIECA (2014) define que “son las que indican al conductor las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza.” (p.39)

2.3.1.2. Señales reglamentarias

La función de una señal reglamentaria es aquella que indica al usuario de la vía, las limitaciones, prohibiciones o restricciones existentes. SIECA (2014) establece que “son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito de cada país.” (p.39)

2.3.1.3. Señales informativas

SIECA (2014) menciona que “son las que guían al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos. Direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar la travesía y orientación de los usuarios.” (p.39)

2.3.2. Señalización horizontal.

Comprende las marcas viales que se encuentran sobre el pavimento de la carretera, que proporcionan información directa al conductor. Según el manual SIECA (2014) menciona que:

La demarcación está constituida por las líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. (p.149).

2.3.2.1. Líneas longitudinales.

Estas son marcas viales paralelas al eje de la vía, pintadas sobre la superficie de rodadura, cuya función es delimitar carriles de circulación, separar sentidos de tránsito y guiar a los conductores. El manual SIECA (2014) destaca 2 parámetros importantes, en el cual menciona que:

Las líneas longitudinales de trazo discontinuo tienen carácter permisivo, es decir que pueden cruzarse siempre que ello se efectúe dentro de las condiciones normales de seguridad. (p.155)

Las líneas longitudinales de trazo continuo tienen carácter restrictivo, no deben cruzarse, ni se puede circular sobre ellas. (p.155)

2.3.2.2. Marcas transversales.

Las marcas transversales se pueden definir como aquellas líneas, franjas o símbolos pintados de manera perpendicular o inclinada al eje de la vía. El manual

SIECA menciona que “Las líneas transversales incluyen marcas en el hombro (espaldón), palabras y símbolos, líneas de parada, líneas para sendas peatonales, marcas para reducir la velocidad, marcas para espacio de parqueos, líneas logarítmicas y otras. (SIECA, 2014, p.156).

También el Manual establece que:

- Deben ser blancas, excepto en los siguientes casos. Marcas en islas que separan flujos en sentido opuesto, las cuales son de color amarillo. Marcas en intersecciones, las cuales pueden ser de color blanco o amarillo. Marcas que indiquen al tránsito que viaja contra vía, las cuales son de color rojo”. (p.156)

2.4. Diseño geométrico.

En forma particular, Cárdenas, J. (2002). Menciona que:

El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido, la carretera queda geométricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal. (p.37)

Otro concepto que encontramos menciona que “Se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, de modo que se pueda circular de una manera cómoda y segura”. (Agudelo Ospina, J., 2002, p.44).

2.4.1. Elementos de diseño geométrico del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.

En la etapa preliminar de un diseño geométrico vial se debe tomar en cuenta criterios y consideraciones que el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras establece, introduciendo los conceptos básicos requeridos para comprender la clasificación funcional de obras y sistemas viales.

2.4.1.1. Distancia de visibilidad en carreteras.

El Manual Centroamericano Menciona que “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”. (SIECA, 2011, p.75)

El Manual SIECA (2011) destaca que:

El conductor requiere de un tiempo de percepción y reacción para decidir la maniobra a ejecutar y un tiempo para llevarla a cabo. Durante este tiempo total, los vehículos que participan en la maniobra recorren distancias que dependen de su velocidad y que determinan las distintas distancias de visibilidad requeridas en cada caso. (p.75).

2.4.1.2. Distancia de visibilidad de parada.

SIECA (2011) Menciona que:

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. (p.75)

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 de freno; (2) la distancia para detener el vehículo desde el distante que aplica los frenos, estas se conocen como distancia de percepción y reacción y se calculan mediante la siguiente expresión.

$$d = 0.278Vt + 0.039\frac{V^2}{a}$$ (Ecuación 2)

Dónde: V= Velocidad de diseño, km/h; t=tiempo de percepción-reacción, 2.5 segundos; a=tasa de desaceleración, m/seg2.

Cuando la carretera está en una pendiente longitudinal, la ecuación de distancia de visibilidad de parada (3-1) debe modificarse y calcularse con la siguiente expresión:

$$d = 0.278Vt + \frac{v^2}{254\left(\left(\frac{a}{9.81}\right)\pm G\right)} \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde G representa la pendiente en valor absoluto (grado en porcentaje/100).

2.4.1.3. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

SIECA (2011) destaca que:

Equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la velocidad del proyecto; esto es, abandonar su carril, adelantar el vehículo que viaja delante de él y retornar a su carril de forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por el carril que utilizara para efectuar la maniobra de adelantamiento.

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. (p.79).

2.4.1.4. Distancia de visibilidad de decisión.

Según el manual, “Es aquella distancia requerida por un conductor para detectar algo inesperado dentro del entorno de una carretera, reconocerlo y seleccionar una trayectoria y velocidad apropiadas, para maniobrar con eficiencia y seguridad”. (SIECA, 2011, p.78)

Empíricamente, “se han establecido valores para cubrir las distancias de visibilidad de decisión divididas en las siguientes cinco situaciones particulares,

las cuales se dimensionan en el cuadro 3.2. (SIECA, 2011, p.78). (Ver en anexos, tabla 5)

Dónde:

- A. Detención en carretera rural, t=3 s.
- B. Detención en calles urbanas, t=9.1 s.
- C. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera rural, t varía entre 10.2 y 11.2 s.
- D. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera suburbana, t varía entre 12.1 y 12.9 s.
- Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera urbana, t varía entre 13 y 14.5 s.

2.4.1.5. Velocidad de diseño.

En cuanto al concepto de velocidad de diseño, SIECA (2011) Menciona que:

La velocidad de diseño 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. (p.55)

En autopistas y carreteras arteriales principales, en áreas rurales, debe seleccionarse una velocidad de diseño de 110 kph. En carreteras colectoras de carriles múltiples, en áreas suburbanas y rurales, las apropiadas son de 80 a 100 kph. En carreteras colectoras, el rango de velocidad debe ser de 30 a 80 kph y rango de velocidades de 20 a 60 kph pueden utilizarse en carreteras vecinales. (p.56).

2.4.1.6. Vehículo de diseño.

La normativa AASHTO afirma que:

los controles clave del diseño geométrico vial son las características físicas y proporciones de vehículos de distintos tamaños que usan el camino. Para usar en

el diseño es preciso examinar todos los tipos de vehículos, establecer agrupamientos de clases y seleccionar vehículos de tamaños representativos de cada clase ya que cada vehículo tiene dimensiones físicas y radio mínimo de giro más grande que la mayoría de los vehículos de su clase. (AASHTO, 2011, p.35)

2.4.1.7. Alineamiento horizontal.

El diseño geométrico en planta de una carretera, o alineamiento horizontal, es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas. (Cárdenas, J., 2002, p.38)

2.4.1.8. Tangente.

Es el tramo recto de la alineación, es decir, el segmento de la carretera donde no hay curvatura (Radio de curvatura infinito). Las tangentes se intercalan entre las curvas horizontales y son importantes para la comodidad y seguridad del usuario, SIECA (2011) Establece que:

> Las curvas cerradas (Con radios pequeños) no deben proyectarse al extremo de tangentes de gran longitud, evitándose cambios abruptos de secciones con amplias y bien desarrolladas curvas y tangentes, seguidas por curvas de radios mínimos o cercanos al mínimo, que reducen la consistencia recomendable para el diseño. (p.114).

2.4.2. Líneas de transición y sus elementos.

Según la AASHTO (2011) menciona que:

Las líneas de transición constituyen elementos del diseño geométrico vial que permiten enlazar de manera progresiva tramos con diferentes características, ya sea en planta o en perfil. En el alineamiento horizontal, estas se materializan mediante curvas de transición o espirales, que facilitan el paso de un tramo recto a una curva circular reduciendo de forma gradual el radio de curvatura. En el alineamiento vertical, la función de transición se logra a través de curvas

parabólicas, que enlazan dos pendientes consecutivas brindando seguridad, confort y adecuada visibilidad. (p.145)

2.4.2.1. Curvas horizontales (circulares.)

En el diseño de las curvas, es necesario establecer relaciones adecuadas entre la velocidad de diseño y la curvatura, así como sus estrechas relaciones con el peralte y la fricción lateral. (SIECA, 2011, p. 82).

Si la carretera tiene una inclinación transversal (Sobreelevación o peralte), la componente del peso paralelo a la inclinación de la carretera y la fuerza de fricción lateral que se desarrolla entre las llantas y la superficie, contrarrestan esta aceleración centrípeta. (SIECA, 2011, p. 82). La fórmula básica que gobierna la operación de un vehículo en curva es:

- Curvas con espirales de transición.

$$\frac{0.01e+f}{1-0.01ef} = \frac{v^2}{gR} = \frac{0.0079V^2}{R} = \frac{V^2}{127R} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

2.4.2.2. Radio mínimo, grados de curva.

El radio mínimo es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. (SIECA, 2011, p.87).

Una vez establecido el máximo factor de peralte o sobreelevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se pueden calcular de la siguiente formula:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e\max + fmax} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

R= Radio mínimo de curva; E Max = Tasa de sobreelevación en fracción decimal; F Max = Factor de fricción lateral; V= Velocidad de diseño.

Para el grado de curvatura es una forma de expresar la “agudeza” de una curva y se expresa con la siguiente formula:

$$D_{20} = \frac{1145.9156}{R}$$ (Ecuación 6)

Dónde: D= Grado de curvatura para un arco de 20 m. y R como radio de curvatura.

2.4.2.3. Curvas con espirales de transición.

Se emplean en el diseño vial para enlazar de manera progresiva un tramo recto con una curva circular, o bien, una curva circular con otro tramo recto. Este diseño según la AASHTO (2011) menciona que:

Una curva de transición adecuadamente diseñada da a los conductores una trayectoria natural, fácil de seguir, tal que los aumentos de cada fuerza lateral disminuyen gradualmente a medida que un vehículo entra y sale de una curva circular. Las curvas de transición minimizan la invasión de carriles de circulación adyacentes y tienden a promover una velocidad uniforme; simulan la trayectoria de giro natural del vehículo. (Ver tabla 30, p.76).

2.4.2.4. Desarrollo de peralte.

Las tasas máximas de peralte utilizables en las carteras están controladas por varios factores: Condiciones climáticas; 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 grandes tazas de peralte.

Se consideran las siguientes tazas: (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. El peralte puede omitirse en calles urbanas de baja velocidad.

2.4.2.5. Diseño de sobreancho.

SIECA (2011) menciona que:

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. Son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y compensar la dificultad que enfrenta al tratar de ubicarse en el centro del carril. (p.108). Esta se ejecuta con la siguiente ecuación**:**

$$\boldsymbol{S = n[R - \left(\sqrt{R^2 - L^2}\right) + \frac{0.10V}{\sqrt{R}}}$$ (Ecuación 7)

Dónde: S= Valor sobre ancho en metros, n= Número de carriles de la superficie de rodamiento, L= Longitud entre el eje frontal, y el eje posterior del vehículo de diseño, R= Radio de curvatura en metros.

2.4.2.6. Alineamiento vertical.

En este alineamiento se representan tanto el perfil del terreno natural como el perfil terminado del eje de la carretera, al cual se le llama rasante, o perfil del eje terminado de la terracería. (SIECA, 2011, p.115).

2.4.2.7. Tipos de curva vertical.

Existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas. Las primeras se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño. (Sieca, 2011, p.123).

2.4.2.8. Pendiente máxima.

Las pendientes máximas para zonas urbanas y rurales para el diseño de autopistas se presentan en las tablas 56, 57 y 58 (Ver Anexo, p.XXIV)

2.4.2.9. Pendiente mínima.

Es la pendiente que se fija para permitir un drenaje adecuado. En los tramos de relleno puede ser nula, efectuándose el drenaje de la carretera mediante el bombeo transversal, se recomienda usar un 0.50 % hasta 0.30% (SIECA, 2011, p.120.)

2.4.2.10. Longitud critica.

AASHTO (2011, 6ª ed). establece que:

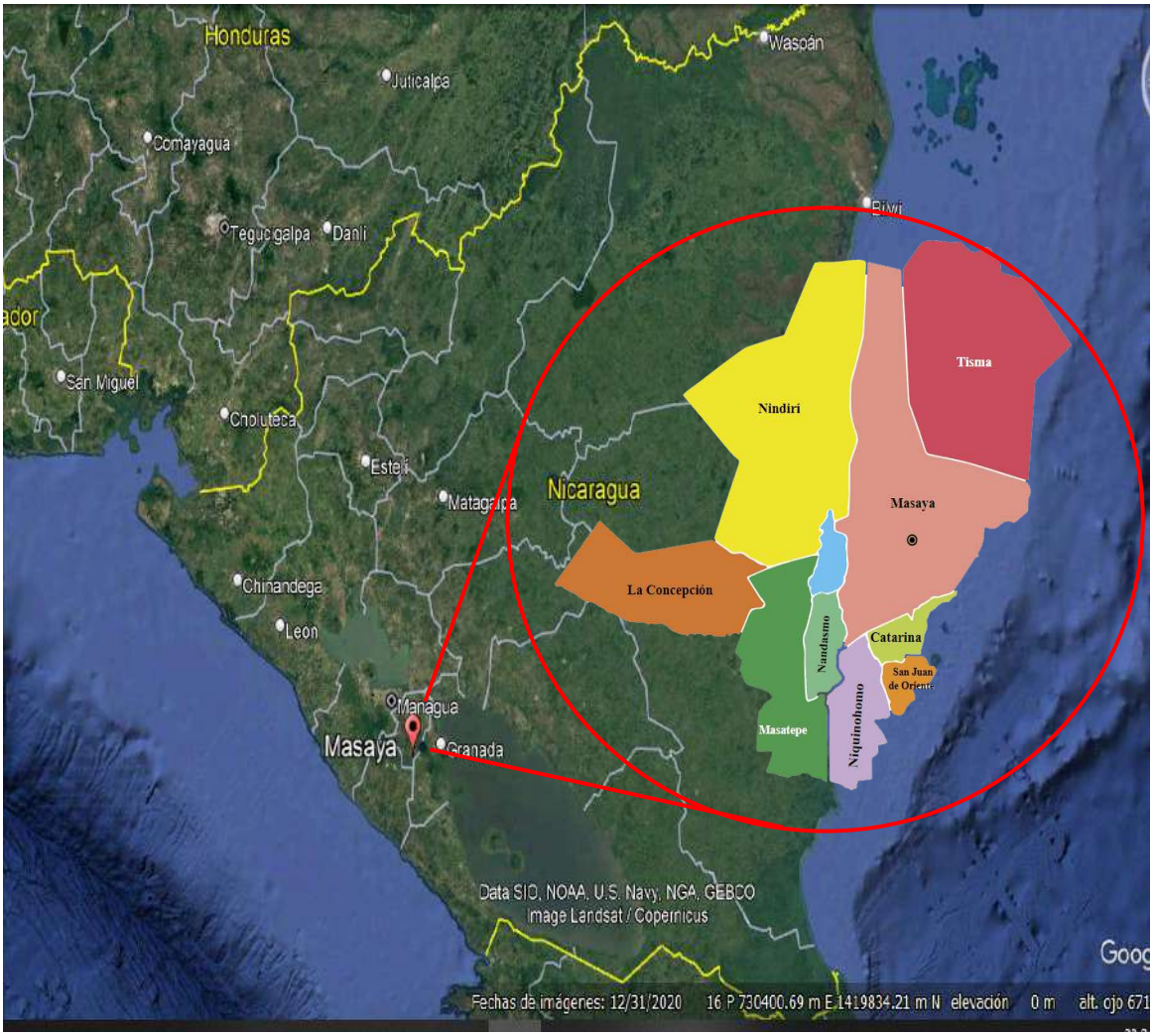
Representa la longitud máxima de un tramo con pendiente constante para el que se considera que la reducción de velocidad de un vehículo pesado es tolerable, si la pendiente excede esta longitud, deben considerarse ajustes de diseño, como la adición de carriles de ascenso u otras medidas de mitigación. (p.123).

CAPITULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Macrolocalización

El tramo Los altos de Masaya – La Carbonera, pertenece al municipio de Masaya, departamento de Masaya.

Figura 1. Macro Localización del tramo Los altos de Masaya – La carbonera.

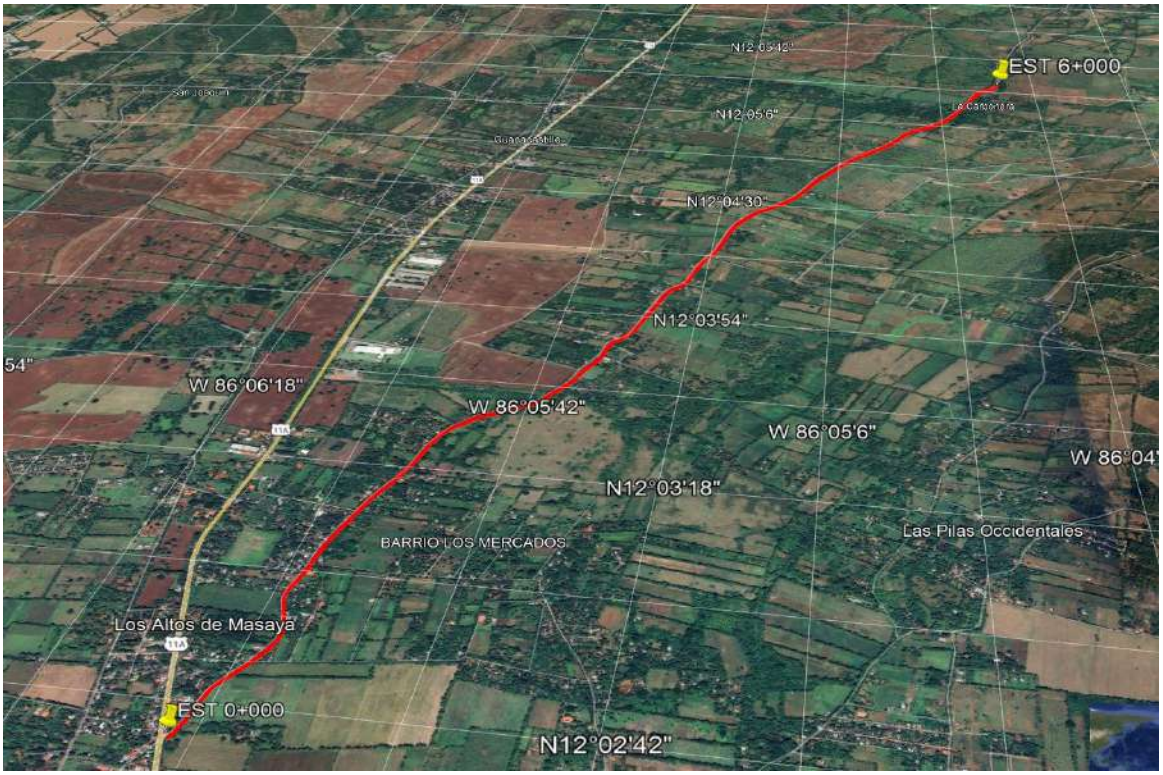


Fuente: Levantado por sustentantes asistido del programa Google Earth Pro.

3.1.1. Microlocalización

El tramo Los altos de Masaya – La Carbonera está ubicado a 28 km sureste de la capital Managua, en el departamento de Masaya. Tiene una Longitud de 6 km; inicia en las coordenadas 12° 02' 38.02" - 12° 05' 26.37" latitud norte finalizando en 86° 06' 02.70" - 86° 04' 34.81" longitud oeste.

Figura 2. Micro localización del tramo Los altos de Masaya – La Carbonera



Fuente: Coordenadas obtenidas por levantamiento topográfico por el software Google Earth Pro.

3.2. Estudio topográfico.

El estudio topográfico constituye una etapa fundamental en la elaboración del diseño geométrico y la señalización vial, debido a que permite conocer con precisión la configuración del terreno existente. A partir de los datos obtenidos en campo se determinan elementos como cotas, pendientes y formas del relieve, los cuales influyen directamente en el trazado del eje vial y en la correcta ubicación de las señalizaciones. De esta manera, el estudio topográfico asegura que las soluciones de diseño respondan a criterios de seguridad, funcionalidad y comodidad para los usuarios de la vía.

En esta sección, se muestran los resultados obtenidos del estudio topográfico del tramo de 6 Km de Los Altos de Masaya – La carbonera.

3.2.1. Metodología.

Para caracterizar el tipo de terreno se realizó una visita de reconocimiento previa al día de levantamiento, este reconocimiento fue de utilidad también para reconocimiento de los posibles BM y/o puntos de referencia, obstáculos, intersecciones y curvas críticas o, si lo hay, puntos de control geodésicos existentes. Asimismo, se estableció la ubicación de puntos GPS que sirvan de apoyo para la definición de líneas base, Puntos GPS corregidos mediante estación total por distancia, garantizando mayor precisión en la toma de datos, y en el desarrollo posterior del levantamiento.

Para la realización del estudio se tomó en consideración los siguientes pasos:

- Establecimiento de GPS como punto de partida.
- El levantamiento topográfico de este proyecto se ejecutó mediante estación total Leica TS-09.
- El método a emplear corresponde a un levantamiento plan altimétrico por secciones transversales, mediante estacionamiento por trisección y orientación por coordenada, el cual permite obtener simultáneamente las coordenadas planas (E, N) y la cota o altitud (Z) de cada punto registrado en campo.

- Los puntos de alta precisión levantados serán procesados mediante el software de Autodesk Civil3D.

3.2.2 Procedimiento y desarrollo del estudio topográfico.

Inicialmente, el diseñador debe considerar los parámetros topográficos requeridos para el desarrollo del proyecto, definiendo con claridad el alcance del levantamiento, posteriormente se realiza el levantamiento en campo, el cual debe reflejar de manera precisa las características del relieve del terreno, incluyendo los puntos relevantes del eje central de la carretera y sus márgenes. En este levantamiento se garantizó los siguientes detalles:

- BM
- Puntos de referencia (Árboles y postes)
- Vías de acceso (Intersecciones)
- Derecho de vía.
- Tendido eléctrico.

Posterior a la obtención de datos mediante el levantamiento topográfico estos deberán ser plasmados en diversos planos. (conjunto, curvas de nivel).

3.2.2.1. Levantamiento topográfico.

Una vez en el sitio de levantamiento, se procedió a los pasos siguientes:

- Haciendo uso de un receptor GNSS, se procedió a tomar lecturas durante 30 minutos sobre puntos previamente situados en el tramo a levantar para obtener coordenadas de los mismos, obteniendo los siguientes datos GPS1: 597890 E, 1331563 N y GPS2: 597933 E, 1331757 N. Estos puntos son de amarre para el inicio del levantamiento de todos los puntos y detalles del tramo de estudio.
- Se efectuó la anotación de puntos representativos del terreno en la estación, tales como la línea central del tramo, borde derecho e izquierdo del camino existente, postes de tendido eléctrico, cunetas, así como

empalmes de la carretera anclados al tramo a diseñar e intersecciones existentes.

- A lo largo del tramo, se identificaron y marcaron puntos adicionales auxiliares en postes de concreto, arboles, pertenecientes a cercos perimetrales, para cambios de estación.
- Se realizó el levantamiento de cotas a una distancia de 20 metros, partiendo el tramo desde la estación 0+000 hacia la estación 1+000 la cual contiene la intersección principal del tramo adoquinada la cual es transitada siguiendo hasta el final del tramo 6+000.

3.2.2.2. Registro de datos.

- Para el almacenamiento y procesamiento de los puntos levantados, se empleó en un formato PENZD, que forma una estructura en cinco componentes esenciales, numero de punto levantado (P), Coordenada Este (E), Coordenada Norte (N), cota o elevación del punto levantado (Z) y descripción o nombre del punto (D).
- A continuación, se presenta una muestra con los puntos obtenidos a partir del levantamiento topográfico efectuado.

P	E	N	Z	D
1	597890	1331563	221.819	GPS-1
3	597933	1331758	220.999	GPS-2
1	597890	1331563	221.818	EST
4	597888	1331532	222.388	CALLE
5	597879	1331530	222.624	CALLE
6	597868	1331564	222.455	CALLE
7	597863	1331580	222.3	CALLE
8	597867	1331599	222.057	CALLE
9	597875	1331573	222.184	CALLE
10	597879	1331559	222.255	CALLE

Se obtuvieron un total de 1804 puntos levantados obtenidos del levantamiento topográfico del tramo Los altos de Masaya – La carbonera. El listado detallado de los puntos registrados se dispone en formato digital y puede ser consultado mediante el siguiente código QR.



- Es importante mencionar que se realizaron 68 cambios de estación, con el fin de mejorar la visibilidad y precisión en la captura de datos del terreno.
- Una vez terminado el levantamiento topográfico, se procedió a la exportación de los puntos en formato ASCII (Bloc de notas), transferidos a un archivo XLS para ser importado al programa Autodesk Civil 3d versión 2025, obteniendo la configuración del terreno de acuerdo a los puntos con su respectiva elevación, así como su geometría en planta.

3.2.3. Tipo de terreno de la vía.

A partir de un modelo digital de terreno (Superficie) y perfil longitudinal del terreno natural en base a los puntos topográficos existentes en el software Civil3d, se obtuvo un análisis de las pendientes existentes en el terreno (Ver tabla 1, p.32), predominando pendientes del 1 al 2%. Con la mayor área, seguido de pendiente del 2% al 5%%. Mediante el perfil longitudinal se hizo un análisis por medio de las cotas pertenecientes a la estación 3+300 y 3+900 del tramo, pertenecientes a uno de los tramos críticos del terreno, por medio de la formula general de la pendiente (Ver Figura 3, p.33). Obtenido el resultado manual y por medio del Software, Según el Manual SIECA (2011) para este porcentaje obtenido en el área del

terreno, este respecta a un relieve llano o plano, como podemos observar en la tabla 2 (p.33).

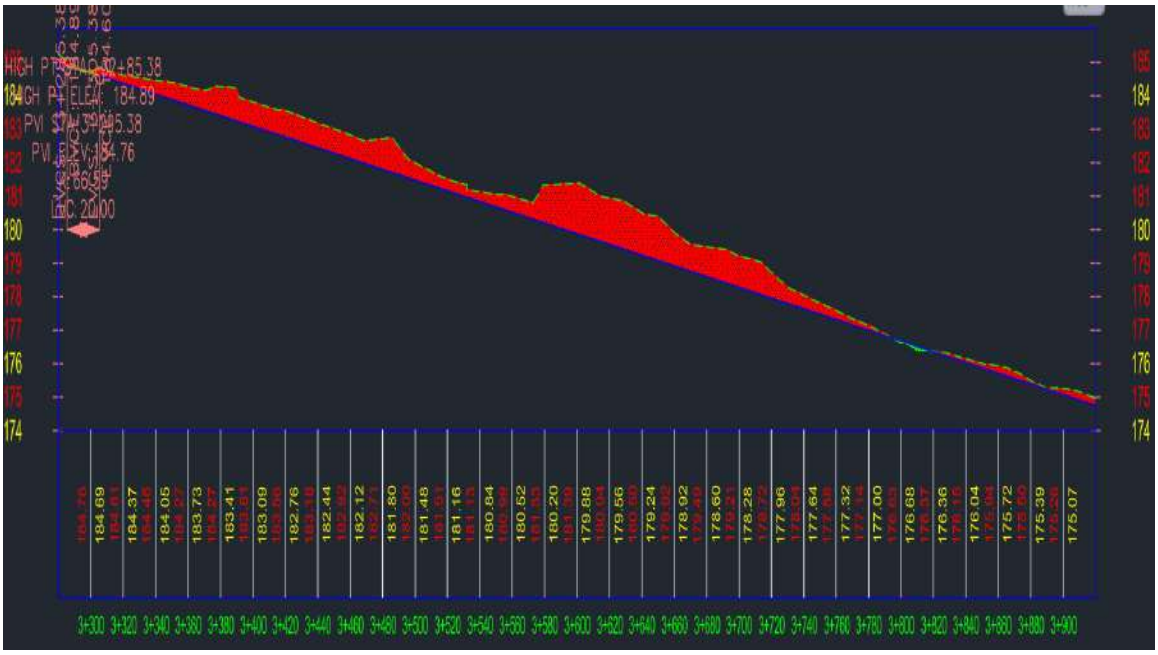
$$m = \frac{y2 - y1}{x2 - x1} = \frac{(desnivel)}{(distancia\ horizontal)} * 100; = \frac{184.76 - 175.26}{3 + 900 - 3 + 300} * 100 = 1.58\%$$

Tabla 1. Análisis de pendiente en planta de la superficie mediante AutoCAD Civil3D.

RANGO DE PENDIENTES				
#	Pendiente minima	Pendiente maxima	Área	Color
1	0.06%	2.00%	129279.49	
2	2.00%	5.00%	91201.51	
3	5.00%	10.00%	57598.83	
4	10.00%	15.00%	20542.70	

Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 3. Análisis de pendiente del perfil longitudinal (Tramo 3+300 – 3+900)



Fuente: Elaborado por sustentantes.

Tabla 2. Clasificación de los terrenos en base a las pendientes naturales.

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes P(%)
Llano o Plano	P ≤ 5
Ondulado	5 > P ≤ 15
Montañoso	15 > P ≥ 30

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.116)

3.3. Estudio de tránsito.

El estudio de tránsito es un componente esencial base para la elaboración de un diseño geométrico y señalización vial, ya que permite analizar de forma cuantitativa y cualitativa las condiciones actuales de circulación y la demanda vehicular existente sobre el tramo que se pretende a diseñar mediante volúmenes de tránsito, composición vehicular y periodos de mayor demanda, facilitando la determinación de parámetros de diseño que garanticen niveles adecuados de seguridad, funcionalidad y confort para los usuarios de la vía.

En esta sección, se muestran los resultados obtenidos del estudio de tránsito realizado en el tramo Los altos de Masaya – La carbonera, mediante la aplicación de la metodología que ha sido establecida por el Ministerio de transporte e infraestructura (MTI).

La obtención de resultados y parámetros del estudio de tránsito para este trabajo monográfico, se realizaron tomando en consideración el Anuario de aforos de tráfico 2020, proporcionado por el MTI.

3.3.1. Metodología.

Para la realización del presente estudio se adoptó la metodología recomendada por el Ministerio de transporte e infraestructura, la cual consta de los siguientes puntos:

- Selección de un punto a estacionarse sobre el tramo de estudio para registrar la cantidad de vehículos que circulan, por doce horas de conteo 6 am a 6 pm en intervalos de 15 minutos, durante 3 días en la semana (martes, miércoles, jueves) esto al ser días considerados durante visitas en campo con un mayor flujo, mediante el cual se puede obtener un mayor volumen en los datos y su tipología vehicular.
- Mediante la herramienta de Microsoft Excel, se analizarán los datos del aforo vehicular para fijar el tráfico promedio diario semanal (TPDS) del tramo.
- De acuerdo al porcentaje de vehículos livianos y pesados, composición vehicular según el MTI terminando en microbuses de uso personal como livianos, seleccionar la estación de corta duración más cercana geográficamente al tramo, y que posea similitud con los porcentajes de composición vehicular contenidos en el anuario de aforos de tráfico 2020.
- Identificar la estación de mayor cobertura según la estación de corta duración seleccionada.
- Realizar el cálculo del Tránsito promedio diario anual (TPDA) considerando los factores de expansión asociados a la estación de mayor cobertura.
- Calcular las tasas de crecimiento (Tc) mediante registros históricos del producto interno bruto (PIB), población (POB) y consumo de combustible, así mismo las tasas de crecimiento de los registros históricos del Tránsito Promedio Diario Anual de la estación de mayor cobertura y corta duración seleccionadas.
- Obtenidas las tasas de crecimiento, realizar la proyección de tránsito.

3.3.2. Aforo Vehicular.

Para la determinación de la cantidad de vehículos y la tipología vehicular del tránsito actual que circula por el tramo en análisis, se llevó a cabo un aforo vehicular en la estación 0+000 o inicio del tramo y en la estación 1+000 la cual esta estación presenta una intersección, se seleccionaron estas estaciones debido a una adecuado visibilidad y mayor flujo vehicular y su función que cumple actualmente con la demanda vehicular al ser usadas como las entradas principales desde la autopista principal hacia el tramo (Ver Tabla 3, p.37). Este se llevó a cabo durante 3 días consecutivos de la semana, martes 16, miércoles 17 y jueves 18 de diciembre del año 2025. Con un periodo de tiempo de 12 horas (6 A.M a 6 P.M) en intervalos de 15 minutos. Este conteo se realizó en ambos sentidos de la vía utilizando el formato de aforo vehicular proporcionado por el anuario del MTI (2020). (Ver en Anexo, p. VIII)

De la información obtenida de los conteos vehiculares realizados en los días martes, miércoles y jueves de las fechas mencionadas, en la tabla 3 se puede observar el siguiente resumen del conteo vehicular, por tipo de vehículo en ambos sentidos, las tablas obtenidas por día se pueden encontrar en las tablas 47- 52 (Ver Anexos, pág. IX-XX).

Tabla 3. Resumen de resultados de aforo vehicular diurno en ambos sentidos, Tramo Los altos de Masaya – La Carbonera

DIAS	Bicicleta	Moto	Vehículos de pasajeros						Vehículos de carga							Otros			TOTAL
			Auto	Jeep	Camio-neta	McBus <15.	MnBus 15-30.	Bus 30+.	Liv 2.5 Ton	C2	C3	Tx-Sx <=4	Tx-Sx >=5	Cx-Rx <=4	Cx-Rx >=5	V.A	V.C	Otro	
MARTES	238	319	163	35	121	3	1	0	22	3	19	1	0	0	0	3	4	4	936
MIERCOLES	193	170	110	12	85	10	1	1	8	2	1	0	0	0	0	4	2	2	601
JUEVES	125	98	107	25	56	0	0	0	2	8	6	0	0	0	0	1	0	0	428
∑TD	556	587	380	72	262	13	2	1	32	13	26	1	0	0	0	8	6	6	1965
TPDI (12 HRS)	185	196	127	24	87	4	1	0	11	4	9	0	0	0	0	3	2	2	655
% TPDI (12 HRS)	28%	30%	19%	4%	13%	1%	0%	0%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100
	% VEHICULOS LIVIANOS						% VEHICULOS PESADOS												TOTAL
	95%						5%												100

Fuente: Elaborado por sustentantes.

3.3.3. Tránsito promedio diario (TPD_i)

Es el número total de vehículos que pasan durante la semana dividido entre el número de días que contiene la semana. Nuestro conteo vehicular al ser de 3 días realizados en la semana, este será su valor dividendo.

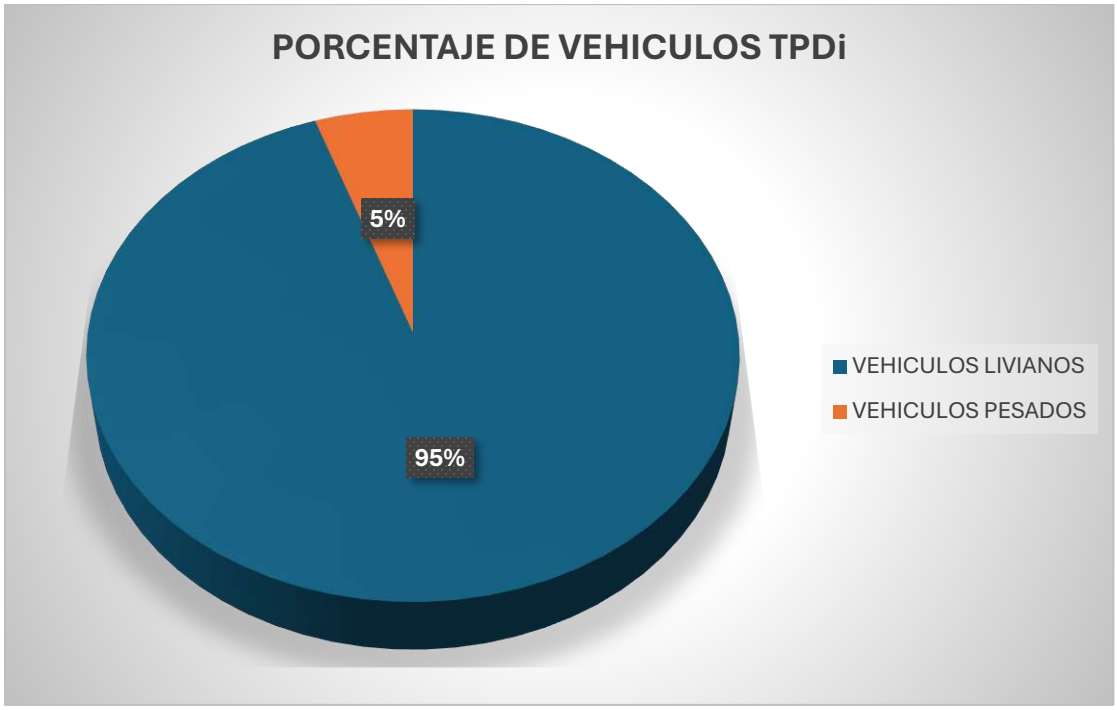
En la tabla 3 (p.37). Se muestra el cálculo del Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS). Como forma de ejemplo se mostrará el cálculo de TPDS realizado para Motos y autos:

$$TPD\ Moto = \frac{319 + 170 + 98}{3} = 196\ veh/dia$$

$$TPDS\ Auto = \frac{163 + 110 + 107}{3} = 127\ veh/dia$$

Podemos observar mediante el siguiente gráfico, el comportamiento del Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), por clasificación vehicular y su porcentaje.

Figura 4. Comportamiento del TPDi



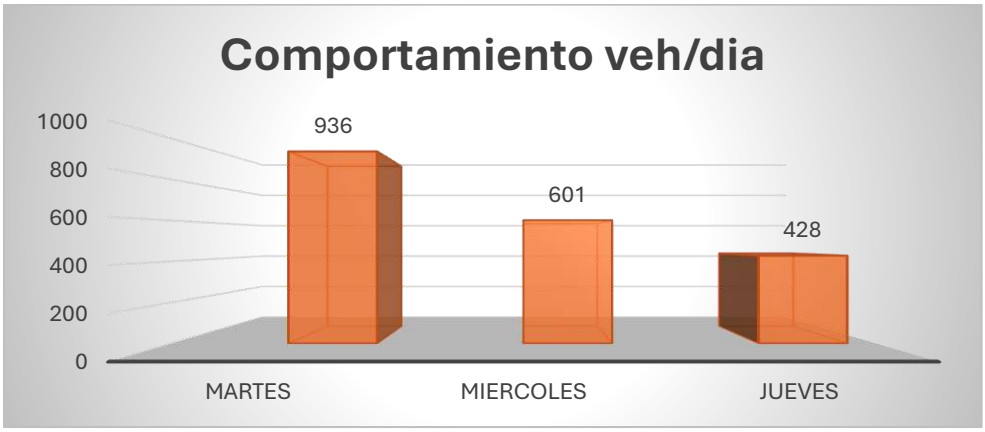
Fuente: Elaborado por sustentantes.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, Podemos notar la presencia predominante de Bicicletas con un 28.30% (556 vpd) y motos 30% (587 vpd), al ser medios que la población utiliza para moverse más rápido en el tramo. el vehículo liviano “Autos” tiene la segunda representación en el tramo con un 19.3% (380 vpd) asociándose a los desplazamientos cotidianos de la población residente en el área, principalmente por motivos laborales, educativos y de accesos a servicios básicos. seguido del vehículo liviano “camioneta” con una presencia del 13.3% (262 vpd), principalmente utilizadas para el transporte de productos agrícolas, insumos y mercancías de escala pequeña. Dentro de los vehículos de carga el Liv 2.5 Ton es el más activo dentro del tramo con una participación del 1.6% (32 vpd) seguido del C3 con 1.3% (26 vpd) y C2 con el 0.7%. (13 vpd).

Esta situación es característica de zonas rurales, donde las actividades productivas locales demandan vehículos livianos y versátiles para el traslado de bienes, reduciendo la participación de vehículos de carga pesada.

A continuación, podemos observar el comportamiento vehicular por día de aforo.

Figura 5. Comportamiento vehicular por día del tramo Los altos de Masaya – La carbonera.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

De acuerdo al grafico se observa que los días con mayor volumen de tránsito son los días martes con 936 vpd y miércoles con 601 vpd, bajando el volumen en día jueves, siendo este día con menor volumen vehicular.

3.3.4. Tránsito promedio diario anual (TPDA).

De acuerdo con la metodología propuesta por el MTI, el cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) se realiza mediante la identificación de los vectores de correspondencia, la clasificación y dependencia de las estaciones de corta duración con su respectiva estación de mayor cobertura, así como la determinación de los factores de ajuste necesario.

Para empezar a desarrollar la evaluación de tránsito con respecto a las estaciones de conteo, se considera la localización geográfica dentro del sistema vial y las zonas circundantes, con el objetivo, de reflejar de manera realista el incremento de flujo vehicular sobre el tramo proyectado.

3.3.4.1. Identificación de los vectores de correspondencia.

Las estaciones se encuentran identificadas con vectores de incidencia y rangos de variaciones en las características del tráfico las cuales son:

- Vector geográfico – R.
- Volumen total del tráfico – V.

En la tabla 4, podemos encontrar el vector geográfico que corresponde hacia el tramo de estudio Altos de Masaya – La carbonera, el cual, corresponde a un vector R1, ubicado en la región pacifico sur, perteneciendo al departamento de Masaya.

Tabla 4. Vector y nombre de región de estaciones de conteo.

N°.	Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
1	R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
2	R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
3	R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
4	R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
5	R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p. 7).

Según lo establecido por el Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p.7), para el vector volumen comprendido en el tramo de estudio, será un V2, ya que el conteo vehicular se muestra una cantidad vehicular en un intervalo de 300 a 5000 vehículos por día.

3.3.4.2. Estaciones de conteo.

Para la selección de la estación para la determinación del tránsito promedio diario anual (TPDA), lo ideal es escoger la estación geográficamente más cerca al tramo de estudio, en este caso, la estación 432 Rotonda Nindirí – Rotonda Coyotepe (Circunvalación) y la estación 433 Rotonda Coyotepe – Rotonda Tisma – Rotonda Las flores son las que se encuentran más cercanas al tramo de estudio. Sin embargo, los porcentajes de composición vehicular de estas estaciones no se aproximan al porcentaje vehicular de nuestro TPDS calculado (Ver tabla 3, p.37), Siendo la estación 432 con porcentajes de 74% y 22% para vehículos livianos y pesados y la estación 433 con porcentajes de 72% y 23%. (Ver tablas 5 y 6, p. 42).

Por lo tanto, como las cercanas al tramo no concuerdan con el aforo vehicular, se procedió a encontrar una estación de corta duración similar en porcentaje vehicular al porcentaje del aforo vehicular del tramo, por lo que se seleccionó la estación 429A Emp. Guanacaste – El Mombacho debido a que presenta un porcentaje de 95% de vehículos livianos y 4% de vehículos pesados (Ver tabla 7, p.43). Esta estación no solo concuerda en cuanto al porcentaje vehicular, si no que posee las mismas características en cuanto al vector geográfico ubicada en R1 en el departamento de Granada y con volúmenes totales de trafico de 300 a 5000 vehículos ubicándose en V2. (Ver tabla 4, p. 40).

Tabla 5. Tránsito promedio anual histórico de la estación 432 Rtda. Nindirí – Rtda Coyotepe (Circunvalación)

CODIGO NIC	EST.	TIPO	TRAMO	AÑO	Moto	Autos	Jeep	Cmta	McBus < 15 pas	MnBus 15-30 s	Bus	Liv 2.5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx - Sx <=4e	Tx-Sx >=5e	Cx-Rx <=4e	Cx-Rx >=5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
NIC 4B	432	ECD	Rtda. Nindiri - Rtda. Coyotepe	2019	2919	3372	1028	2409	342	89	193	1305	511	150	3	789	1		3	109	12	13234
				2014	788	1241	602	947	115	10	48	424	274	65		242			2	1	22	4781
			EMC - 401																			
			Tasa crecimiento: 3.01%	2020	3007	3474	1059	2482	352	92	199	1344	526	155	3	813	1		3	112	12	13634
					Liv. 10021				Pasaj. 643			Pesado: 2970										
					74%				5%			22%										

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p. 121)

Tabla 6. Tránsito promedio diario anual de la estación 433 Rtda. Coyotepe - Rtda. Tisma - Rtda. Las Flores.

N	CODIGO NIC	EST.	TIPO	TRAMO	AÑO	Motos	Autos	Jeep	Cmta	McBus < 15 pas	MnBus 15-30 s	Bus	Liv 2.5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx - Sx <=4e	Tx-Sx >=5e	Cx-Rx <=4e	Cx-Rx >=5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
54	NIC 4B	433	ECD	Rtda. Coyotepe - Rtda. Tisma - Rtda Las flores.	2019	2305	2014	595	1581	225	118	136	789	563	167		514					71	9078
					2014	731	1110	318	871	110	15	36	236	788	96		454			17		20	4802
				EMC - 401																			
				Tasa crecimiento: 4.39%	2020	2406	2102	621	1650	235	123	142	824	588	174		537					74	9477
						Liv. 6780				500			2196										
						72%				5%			23%										

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p. 121)

Tabla 7. Tránsito promedio diario anual de la estación 429A Emp. Guanacaste - El Mombacho.

N	CODIGO NIC	EST.	TIPO	TRAMO	AÑO	Motos	Autos	Jeep	Cmta	McBus < 15 pas	MnBus 15-30 s	Bus	Liv 2.5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx - Sx <=4e	Tx-Sx >=5e	Cx-Rx <=4e	Cx-Rx >=5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
583	NN-302	429A	ECD	Emp. Guanacaste - El Mombacho	2019	890	58	21	90	9			37	9	1							3	1118
					2010	72	15	16	54	1			7	2									167
					2008	49	19	18	46	6		1	6	3									148
					2005	11	28	22	62	2	3	1	2	10	1							3	141
				EMC - 1802																			
				Tasa crecimiento: 6.74%	2020	950	62	22	96	10			39	10	1								1193
						Liv. 1130				Pasaj. 10			Pesado. 53										
						95%				1%			4%										

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p. 301)

3.3.4.3. Cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA).

Para el cálculo del Tránsito promedio diario anual (TPDA) del tramo de estudio, se hace uso del método de asociación de estaciones de mayor cobertura en base a la estación de conteo sumaria (ECD) seleccionada. Por lo tanto, para expandir nuestro TPDS a TPDA se seleccionó la estación 429A Emp. Guanacaste – Mombacho, la cual esta depende de la estación de mayor cobertura (EMC) 1802 San Marcos – Masatepe como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Dependencia de estaciones EMC 1802 – San Marcos – Masatepe.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NN-291	1814	ECS	San Antonio - San Vicente
	NN-291	1815	ECS	San Vicente -Los Velasquez
	NN-292	1811	ECS	San Antonio - Las Mercedes
	NN-292	1812	ECS	Las Mercedes - Santa Lucia
	NN-293	226	ECS	San Judas - Ent. Finca Las Brisas
	NN-294	1302A	ECS	Puente de Paiwas - Emp. La Hermosa
	NN-295	1303A	ECS	Wanawana - Cooperativa Sandino
	NN-297	297A	ECS	Wilkon - Wasayamba
	NN-299	299	ECS	Baka - Cerro El Tigre
	NN-300	429	ECS	Emp. Guanacaste - El Tepeyac
	NN-301	413A	ECS	El Crucero - Los Sánchez (Inter NIC-34)
	NN-302	429A	ECS	Emp. Guanacaste - El Mombacho
	NN-303	737	ECS	Emp. Kukrahills - Laguna de Perlas

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p. 86)

El ministerio de transporte e infraestructura (MTI) mediante el anuario establece factores de ajuste para las estaciones de mayor cobertura (Factor día, factor semana, factor fin de semana, factor de expansión) para convertir los valores del tránsito promedio diario semanal a tránsito promedio diario anual. Estos factores de ajuste sus valores cambian según el cuatrimestre en el que se hizo el aforo vehicular. Como el conteo vehicular realizado se hizo en el mes de diciembre este pertenece al último cuatrimestre (Septiembre – Diciembre). A continuación, en la tabla 9 se muestra los factores de ajuste utilizados para el cálculo del TPDA.

Tabla 9. Factores de ajuste del tercer cuatrimestre del año (Septiembre – Diciembre) de la estación EMC 1802 San Marcos – Masatepe.

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx=<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,24	1,43	1,23	1,31	1,18	1,00	1,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	0,94	1,03	1,08	1,01	0,95	0,92	0,90	0,90	0,86	0,89	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12
Factor Fin de Semana	1,19	0,93	0,84	0,97	1,17	1,27	1,37	1,36	1,74	1,46	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79
Factor Expansión a TPDA	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,94	0,87	0,91	0,95	0,82	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p. 385)

En este caso, como el aforo vehicular realizado en el tramo Los altos de Masaya – La carbonera se realizó en 3 días específicos consecutivos de la semana (martes, miércoles y jueves), es posible que puedan presentar comportamiento de tránsito diferenciados según su condición de día laboral. En este caso, es necesario aplicar los 3 factores de ajuste (Factor día, semana, y factor de expansión), esto debido a que los días en el que se hizo el aforo no involucro fin de semana, estos, representados en la tabla 9 (p.45) que nos permitiera extrapolar los volúmenes de tránsito a condiciones promedio anuales debido a que tenemos día laboral en el volumen vehicular del tramo. Dicha estimación se calcula mediante la multiplicación del TPDi (Ver tabla 3, p.37) con los factores ya mencionados.

De manera de ejemplo para el cálculo de tránsito promedio diario anual para un vehículo liviano “Camioneta” mediante el siguiente proceso:

$$TPDA_{Cmta} = 87 * 1.29 * 1.01 * 0.90 = 102\ vpd$$

A continuación, en la tabla 10 (p.46), se muestran los cálculos del tránsito promedio diario anual del año de diseño base (2025) en la estación de conteo vehicular Los altos de Masaya – La carbonera con sus factores de expansión utilizados.

Tabla 10. Tránsito promedio diario anual base del año 2025 en el tramo vehicular Los Altos de Masaya – La carbonera.

	Moto	Vehículos de pasajeros						Vehículos de carga							Otros			TOT. Veh /12 hrs
		Autos	Jeep	Camta.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv 2.5 T	C2	C3	Tx- Sx <=4e	Tx-Sx >=5e	Cx - Rx <=4e	Cx-Rx >=5e	V. A	V. C	Otros	
TPDI	196	127	24	87	4	1	0	11	4	9	0	0	0	0	3	2	2	470
Factor Dia	1.37	1.34	1.24	1.29	1.38	1.24	1.43	1.23	1.31	1.18	1	1.26	1	1	1	1	1.17	
Factor Semana	0.94	1.03	1.08	1.01	0.95	0.92	0.9	0.9	0.86	0.89	1	0.85	1	1	1	1	1.12	
Factor Expans-ion	0.87	0.89	0.83	0.9	0.84	0.94	0.87	0.91	0.95	0.82	1	0.76	1	1	1	1	1.06	
TPDA	219	156	27	102	5	1	0	11	5	7	0	0	0	0	3	2	3	540
% TPDA	41	29	5	19	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	100
∑	509							31										
	% VEHICULOS LIVIANOS							% VEHICULOS PESADOS										
	94							6										100

Fuente: Elaborado por sustentantes.

Los resultados obtenidos de expansión del TPDS a TPDA refleja un valor general del TPDA de 540 vpd (vehículos por día). De esta manera, con los resultados obtenidos de tránsito promedio diario anual para la composición vehicular se determinó la forma porcentual, la cual se compone de la siguiente manera: de los 576 vpd, el 94% pertenece a vehículos livianos (Moto, auto, Jeep, Camioneta, McBus <15) y el 6% a vehículos pesados. (MnBus 15-30, Bus 30+, Liv 2-5 T, C2, C3, Tx- Sx, Cx – Rx, V.A, V.C, Otros) cabe destacar, que se excluyó las bicicletas de la composición vehicular para el TPDA calculado, debido a que el anuario de aforos de tráfico no refleja factores de ajuste para este tipo de transporte. (observar figura 6, p.47)

De igual forma, el mayor valor que presenta la proyección del TPDA, son las motocicletas con 219 vpd, 156 vpd para autos, y 102 vpd para camioneta, esto para vehículo liviano. Para vehículos pesados el mayor flujo en la proyección del TPDA encabeza con camión Liv 2-5 ton con 11 vpd, Camión C3 con 7 vpd, C2 con 5 vpd, con un valor bajo pero significativo se encuentre el McBus de 15 pasajeros con 5 vpd y un valor de 1 vpd para Minibús, terminando con un vpd de 3 para vehículos agrícolas que pasan por el tramo. (observar figura 7, p.48)

Figura 6. Porcentaje vehicular TPDA del tramo Los altos de Masaya – La carbonera.

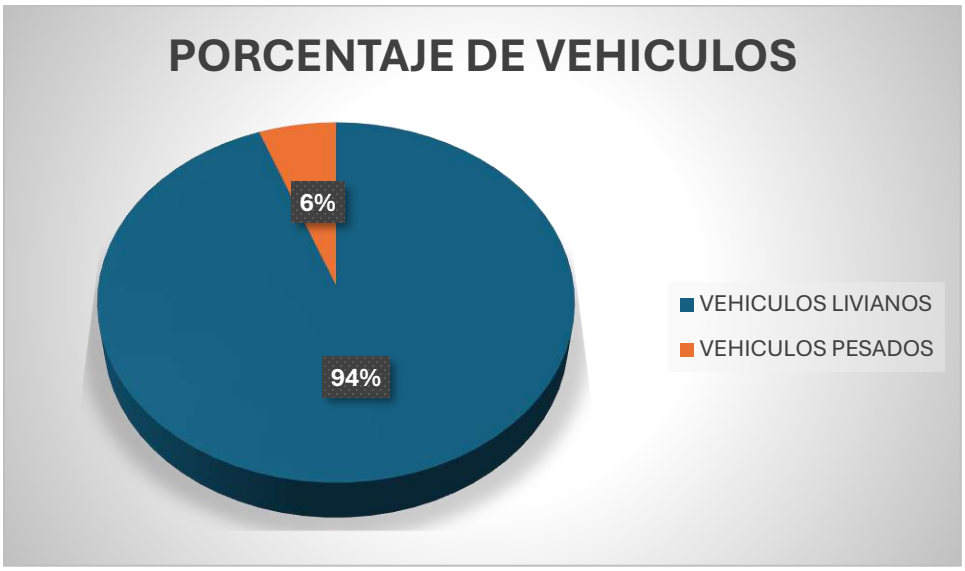
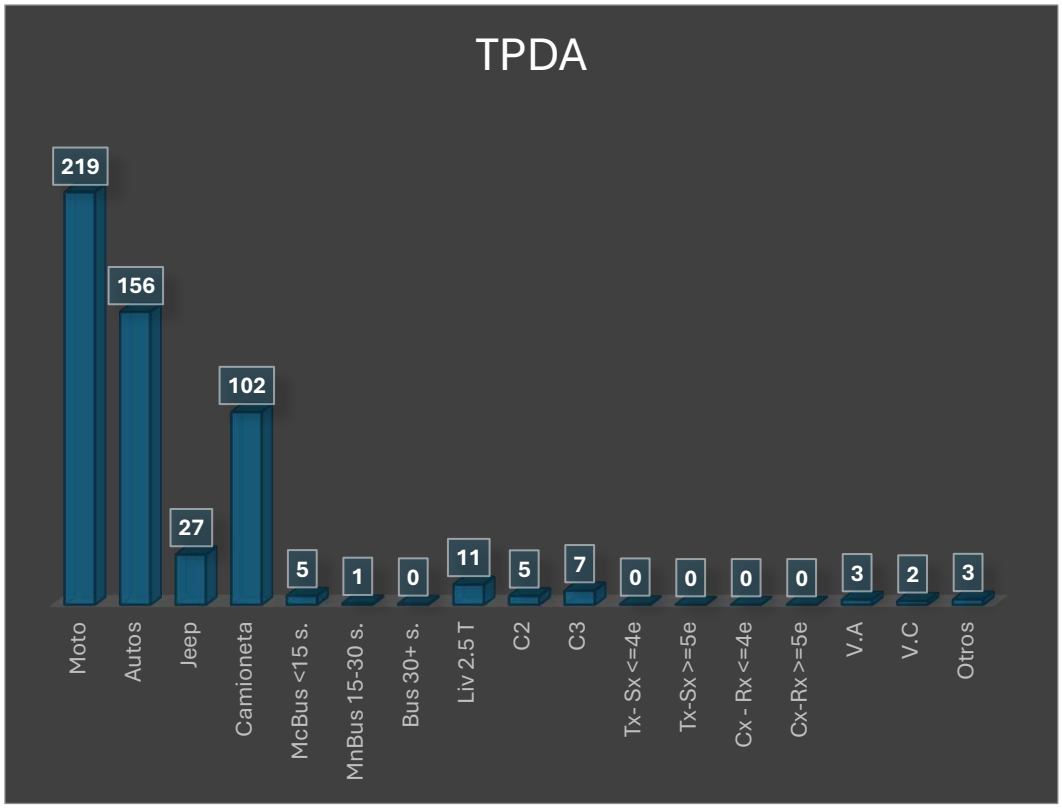


Figura 7. Composición vehicular respecto al TPDA del tramo Los altos de Masaya – La carbonera.



Comparando el porcentaje vehicular del tránsito promedio diario anual del tramo Los altos de Masaya – La carbonera, con el porcentaje vehicular del tránsito promedio diario anual de la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos – Masatepe, se puede observar que existe valores similares, dado que la EMC presenta un porcentaje de 91.1% para vehículos livianos y un 8.8% para vehículos pesados y el TPDA del tramo de estudio presento porcentajes de 94% en vehículos livianos y 6% vehículos pesados. (Observar tabla 11, p.49)

Tabla 11. Porcentaje vehicular de Estaciones de Mayor Cobertura

N°	EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA	Total Pesados	∑ Tx-Sx y Cx-Rx	% de Livianos	% de Pesados	% Tx-Sx y Cx-Rx Vehículos de Carga
1	101B	Zona Franca - La Garita	24,523	5,291	956	78.3%	21.6%	18.1%
2	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	10,585	2,614	934	75.0%	24.7%	35.70%
3	200	Entrada al INCAE - El Crucero	9,403	1,183	283	87.3%	12.6%	23.90%
4	1802	San Marcos - Masatepe	9,392	830	69	91.1%	8.8%	8.30%
5	401	Masaya - Granada	8,882	1,074	69	87.8%	12.1%	6.40%
6	107	Sébaco - Emp. San Isidro	7,877	1,797	463	77.0%	22.8%	25.8%
7	300	Sébaco - Quebrada Honda	6,270	1,459	200	76.5%	23.3%	13.70%
8	2803	Nagarote - La Paz Centro	6,058	2,227	1106	62.8%	36.8%	49.70%
9	2404	Chinandega - Corinto	5,471	1,754	1,110	67.7%	32.1%	63.30%
10	2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	4,019	686	166	81.1%	17.1%	24.20%
11	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	2,024	638	96	68.3%	31.5%	15.0%

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, p.13)

3.3.5. Proyección del tránsito promedio diario anual.

Constituye una etapa fundamental en la planificación y diseño geométrico de una vía con el objetivo de estimar los volúmenes vehiculares que utilizara la vía durante su periodo de diseño. Dicha proyección se basa en los flujos vehiculares del TPDA base (2025) para cada tipo de vehículo, correspondientes al periodo de diseño en base a la clasificación y tipo de carretera que sea el tramo a diseñar garantizando una proyección capaz de atender demandas futuras de circulación.

3.3.5.1. Periodo de diseño.

La proyección del tránsito promedio diario anual y su periodo final de diseño se definen a partir de las características del terreno y el volumen actual que posee. De acuerdo a este concepto, el tramo en estudio se puede clasificar como una carretera colectora rural. (Ubicado en la zona rural de los Altos de Masaya – La carbonera). Como este presenta un volumen vehicular de tránsito promedio anual de 540 vpd, se ubica en ser una carretera colectora menor en el área rural. Por lo tanto, se eligió como periodo de diseño un valor de 20 años para su proyección, esto según lo planteado por el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011). (Ver Tablas 12– 13, p.50).

Tabla 12. Clasificación funcional de carreteras por TPDA.

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

Fuente: Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011, p.33)

Tabla 13. Periodos de diseño para proyección de tránsito.

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 para diseño de pavimentos. (SIECA, 2002, capitulo 7 p.33)

3.3.5.2. Variables económicas.

Para conseguir la proyección de diseño del tránsito promedio anual del tramo es necesario tomar en cuenta y hacer el análisis de los indicadores económicos en crecimiento que presenta la zona de estudio. Para esto, se realizó una relación de variables claves de la economía nacional y regionales, tales como: Tasas de crecimiento anual del tránsito promedio anual de la estación de mayor cobertura y la estación de corta duración seleccionadas; tasa de crecimiento de la población; consumo nacional de hidrocarburos (Combustible) y tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB). (Ver Tabla 14, p. 51)

Tabla 14. Variables económicas para la obtención de tasas de crecimiento.

AÑO	PIB (MC$ contables)	POBLACION	COMBUSTIBLE	TPDA EMC 1802	TPDA ECD 429A
1997				2260	
1998					
1999				2871	
2000		4,956,964	8349.4		
2001		5,058,643	8830.1		
2002		5,162,275	9052.1	7.854	
2003		5,267,714	9430.6		
2004		5,374,820	9698.8	3608	
2005		5,483,447	9555.3		141
2006	118837.70	5,522,606	9957.17		
2007	124870.30	5,595,541	10350.59		
2008	129160.50	5,668,876	9974.4	4554	148
2009	124907.70	5,742,310	10059.66	4887	
2010	130416.30	5,815,524	10245.44	4936	167
2011	138654.20	5,996,619	10826.6	5132	
2012	147661.40	6,071,045	10633.99	6324	
2013	154936.80	6,134,270	10415.21	6221	
2014	162351.30	6,198,154	10910.96	6883	
2015	170131.60	6,262,703	12273.17	7402	
2016	177894.90	6,327,927	12794.49	8500	
2017	186133.60	6,393,824	12761.16	8908	
2018	179873.30	6,460,411	12056.89	9499	
2019	174662.60	6,527,691	12389.8	9178	1118
2020	170756.20	6,595,674		9392	1193
2021	188607.70	6,664,364			
2022	195303.80	6,733,763			
2023	203951.40	6,803,886			
2024	211268.80	6,874,748			

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI, 2020, pp. 155 y 301); Anuario estadístico de hidrocarburos (INIDE, 2019, p.81); Anuario estadístico (INIDE, 2023, p.30); Anuario de estadísticas macroeconómicas (Banco central de Nicaragua, 2024)

3.3.5.3. Tasa de crecimiento vehicular.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento vehicular se seleccionaron los valores históricos en cuanto al TPDA de la estación de corta duración con mayor similitud en cuanto al porcentaje de la composición vehicular, por lo tanto, se trabajó con los valores históricos del TPDA de la estación de corta duración 429A Emp. Guanacaste – Mombacho, cuyo registro histórico se presenta en el Anuario de aforos de tráfico (MTI,2020) (Ver tabla 7, p.43)

Dicha tasa de crecimiento se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$TC = \left[\left[\left(\frac{TPDAn}{TPDAn-1}\right)^{\frac{1}{n}}\right] - 1^{\square}\right] * 100$$

Utilizando esta ecuación se presenta el cálculo para los periodos 2005 – 2008

$$TC = \left[\left[\left(\frac{148}{141}\right)^{\frac{1}{2008-2005}}\right] - 1^{\square}\right] * 100 = 1.628$$

Así mismo, se obtuvo la tasa de crecimiento mediante los registros históricos del tránsito promedio diario anual de la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos - Masatepe la cual la estación de corta duración es perteneciente, esto mediante la misma fórmula.

Utilizando la ecuación se presenta el cálculo para los periodos 1997 – 1999

$$TC = \left[\left[\left(\frac{2871}{2260}\right)^{\frac{1}{1999-1997}}\right] - 1^{\square}\right] * 100 = 12.710$$

Una vez realizados los cálculos se obtuvo una tasa de crecimiento final de TPDA histórico del 9.52% para la estación de corta duración 429A Emp. Guanacaste – Mombacho y de 7.78% para la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos – Masatepe. Tasas de crecimiento correspondientes al promedio de las tasas en estudio, cabe destacar que para obtener la tasa de crecimiento final se descartaron las tasas que presentan decrecimiento. (Ver Resultados en tabla 15 y 16, pp.53)

Tabla 15. Tasa de crecimiento TPDA histórico EMC 1802 San Marcos – Masatepe.

TPDA HISTORICO (EMC 1802 - San Marcos - Masatepe)			
AÑO	TPDA	Tc	Ln
1997	2260		7.723120092
1999	2871	12.710	7.96241568
2002	3602	7.854	8.189244526
2004	3608	0.083	8.190908881
2008	4554	5.994	8.423761247
2009	4887	7.312	8.494333897
2010	4936	1.003	8.504310566
2011	5132	3.971	8.543250726
2012	6324	23.227	8.752107198
2013	6221	-1.629	8.735685945
2014	6883	10.641	8.836809882
2015	7402	7.540	8.909505513
2016	8500	14.834	9.047821442
2017	8908	4.800	9.094705028
2018	9499	6.634	9.158941809
2019	9178	-3.379	9.124564595
2020	9392	2.332	9.147613542
PROMEDIO			7.781

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI,2020, p. 155)

Tabla 16. Tasa de crecimiento TPDA histórico ECD 429A Emp. Guanacaste – Mombacho.

TPDA HISTORICO (ECD 429A - EMP. GUANACASTE - MOMBACHO			
AÑO	TPDA	Tc	Ln
2005	141		4.94875989
2008	148	1.628	4.997212274
2010	167	6.225	5.117993812
2019	1118	23.523	7.019296654
2020	1193	6.708	7.084226422
PROMEDIO			9.521

Fuente: Anuario de aforos de tráfico (MTI,2020, p. 301)

Para una mejor relación entre variables se aplicó logaritmo natural respecto al TPDA, esto con respecto al tiempo en años y así, utilizando líneas de tendencia que arrojen un porcentaje de correlación. (Ver Figura 8 y 9, p.54)

Figura 8. Línea de tendencia TPDA EMC 1802 San marcos – Masatepe.

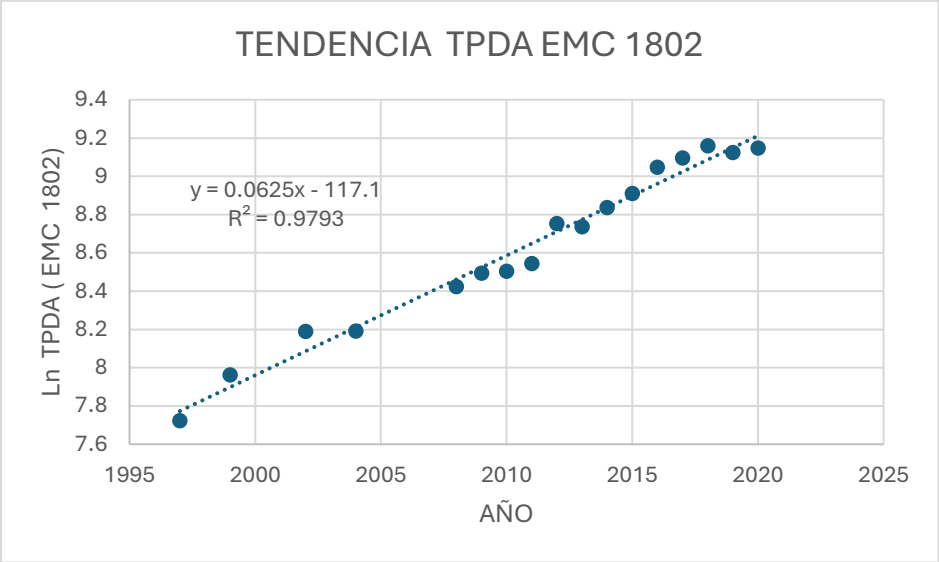
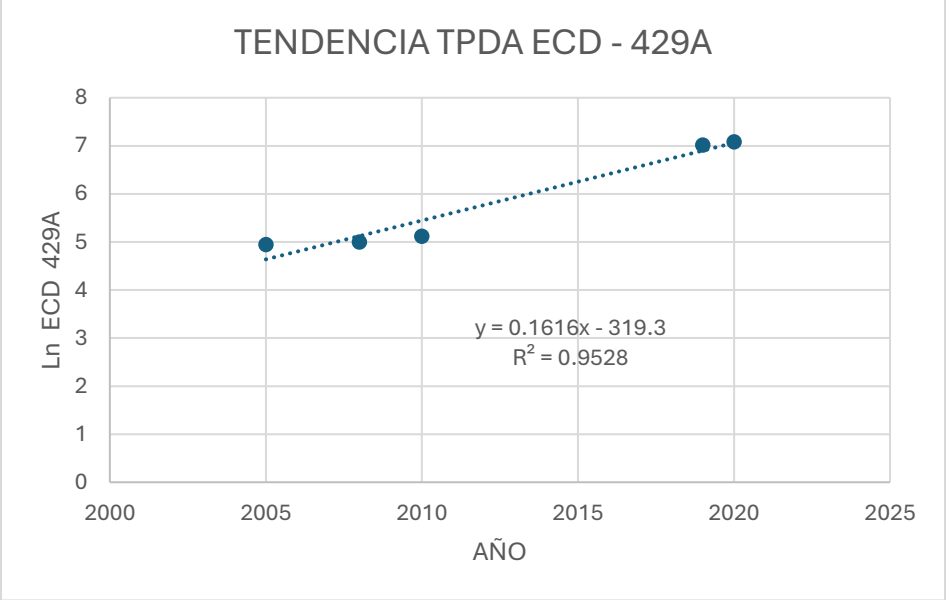


Figura 9. Línea de tendencia TPDA ECD 429A Emp. Guanacaste – Mombacho.



Al realizar el análisis de las líneas de tendencia con respecto al tiempo, se obtiene un coeficiente de relación $R^2 = 0.9793$, para la estación de mayor cobertura 1802 y $R^2 = 0.9598$ para la estación de corta duración, es decir un 97.93% y 95.98%.

3.3.5.4. Tasa de crecimiento poblacional.

Para la obtención de la tasa de crecimiento poblacional, se seleccionaron los datos históricos de la población desde el año 2000 hasta el año 2024, datos obtenidos del Anuario estadístico proveído por el Instituto nacional de información y desarrollo (INIDE). La obtención de las tasas de crecimiento se realizó mediante la siguiente ecuación y de manera de ejemplo se realiza el cálculo de la tasa de crecimiento para el periodo 2001 -2000:

$$TC = \left[\left[\left(\frac{TPDAn}{TPDAn-1}\right)^{\frac{1}{n}}\right]\right] \qquad TC = \left[\left[\left(\frac{5{,}058{,}643}{4{,}956{,}964}\right)^{\frac{1}{2001-2000}}\right]\right] = 1.021$$

Con la obtención de las tasas del periodo 2000 hasta 2024, se realizó el cálculo de la tasa de crecimiento final aplicando la siguiente ecuación:

$$Tf = \left[(Tc1 * Tc2 * \ldots . * Tcn)^{\frac{1}{n}} - 1\right]; \quad Tf = \left[(1.021 * 1.020 * 1.020 * \ldots . * 1.010)^{1/24} - 1\right]$$

$$Tf = 1.372$$

La tabla 17 (p.55-56) presenta los resultados muestran una tasa final del 1.372 %. Para esta tasa final no se descartó ninguna tasa de crecimiento, puesto que todas son crecientes. Así mismo, Al realizar el análisis de las líneas de tendencia con respecto al tiempo, se obtiene un coeficiente de relación $R^2 = 0.9894$. (Ver figura 10, p. 56).

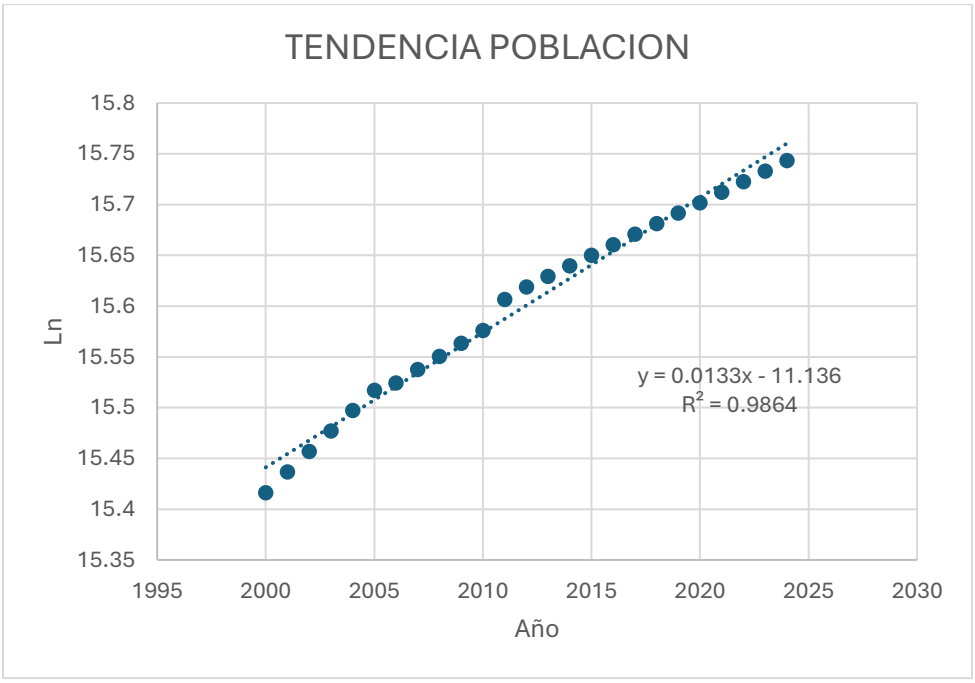
Tabla 17. Tasa de crecimiento poblacional 2000 - 2024

POBLACION			
AÑO	POB	TC	Ln
2000	4,956,964		15.416304
2001	5058643	1.021	15.4366088
2002	5162275	1.020	15.4568879
2003	5267714	1.020	15.4771071
2004	5374820	1.020	15.4972356
2005	5483447	1.020	15.5172445
2006	5522606	1.007	15.5243604
2007	5595541	1.013	15.5374806

2008	5668876	1.013	15.5505014
2009	5742310	1.013	15.5633721
2010	5815524	1.013	15.5760415
2011	5996619	1.031	15.6067064
2012	6071045	1.012	15.6190413
2013	6134270	1.010	15.6294016
2014	6198154	1.010	15.6397621
2015	6262703	1.010	15.6501224
2016	6327927	1.010	15.6604833
2017	6393824	1.010	15.6708431
2018	6460411	1.010	15.6812035
2019	6527691	1.010	15.6915638
2020	6595674	1.010	15.7019245
2021	6664364	1.010	15.7122851
2022	6733763	1.010	15.7226447
2023	6803886	1.010	15.7330045
2024	6874748	1.010	15.7433655
Tf			1.372

Fuente: Anuario estadístico (INIDE, 2023, p.30)

Figura 10. Línea de tendencia poblacional.



3.3.5.5. Tasa de crecimiento de producto interno bruto.

Se seleccionaron los datos históricos del producto interno bruto (PIB) del año 2006 al 2024, estos datos fueron obtenidos a través del anuario de estadísticas macroeconómicas 2024 proveído por el banco central de Nicaragua.

Como ejemplo, se presenta el cálculo para obtener la tasa de crecimiento del periodo 2006 a 2007.

$$TC = \left[\left[\left(\frac{TPDAn}{TPDAn-1}\right)^{\frac{1}{n}}\right]\right] \qquad TC = \left[\left[\left(\frac{124870.30}{118837.70}\right)^{\frac{1}{2007-2006}}\right]\right] = 1.051$$

Con la obtención de las tasas de crecimiento por año, se procedió a la obtención de la tasa de crecimiento final mediante la siguiente ecuación.

$$Tf = \left[(Tc1 * Tc2 * \ldots . * Tcn)^{\frac{1}{n}} - 1\right]; \quad Tf$$

$$= \left[(1.051 * 1.034 * 1.044 * \ldots . * 1.036)^{\frac{1}{14}} - 1\right]$$

$$Tf = 5.090$$

La tabla 18 (pp.57-58) presenta los resultados muestran una tasa final del 5.090 %. Para esta tasa final se descartaron tasas de crecimiento que presentaron decrecimiento, así mismo, al realizar el análisis de las líneas de tendencia con respecto al tiempo, se obtiene un coeficiente de relación $R^2 = 0.9356$. (Ver figura 11, p. 58).

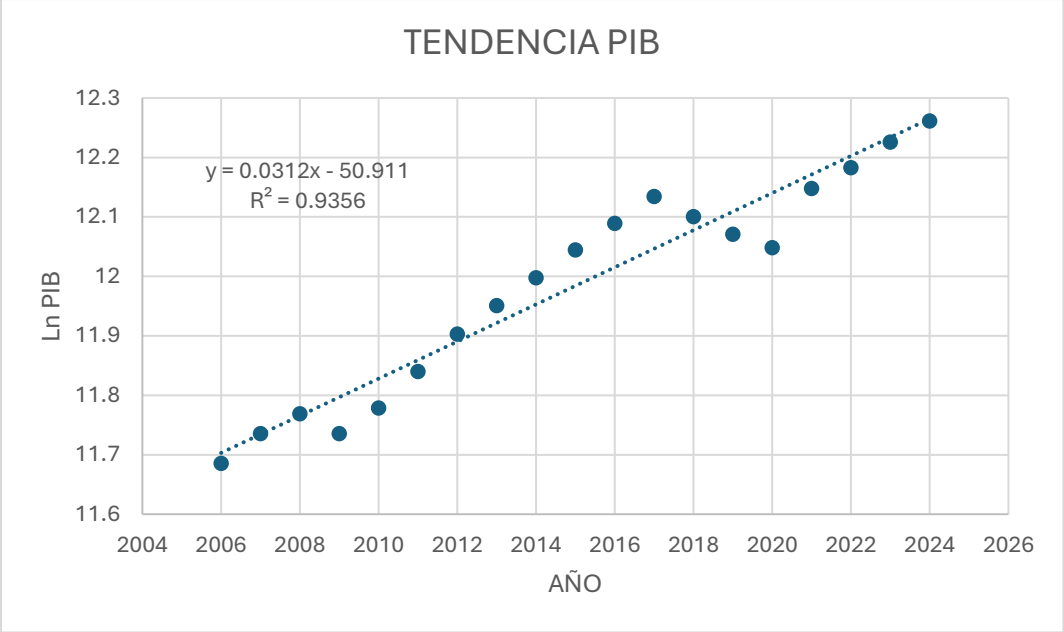
Tabla 18. Tasa de crecimiento producto interno bruto (PIB).

PIB (MILLONES DE C$ CONSTANTES)			
AÑO	PIB	Tc	Ln
2006	118837.70		11.685514
2007	124870.30	1.051	11.7350309
2008	129160.5	1.034	11.7688111
2009	124907.7	0.967	11.7353303
2010	130416.3	1.044	11.7784869
2011	138654.2	1.063	11.8397383
2012	147661.4	1.065	11.9026771
2013	154936.8	1.049	11.9507726
2014	162351.3	1.048	11.9975178

2015	170131.6	1.048	12.0443275
2016	177894.9	1.046	12.0889482
2017	186,133.60	1.046	12.13422
2018	179,873.30	0.966	12.100008
2019	174,662.60	0.971	12.0706114
2020	170,756.20	0.978	12.0479921
2021	188,607.70	1.105	12.1474245
2022	195,303.80	1.036	12.1823116
2023	203,951.40	1.044	12.225637
2024	211,268.80	1.036	12.2608865
Tf			5.090

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas (INIDE, 2024)

Figura 11. Línea de tendencia de producto interno bruto.



3.3.5.6. Tasa de crecimiento de consumo de combustible.

El anuario estadístico de hidrocarburos presenta los valores del consumo de combustible desde el año 1966 hasta el 2019 en miles de barriles como unidad, para este caso, se utilizaron los valores del consumo de combustible desde el periodo 2000 hasta el 2019 para la obtención de las tasas de crecimiento.

Como ejemplo, se presenta el cálculo para obtener la tasa de crecimiento del periodo 2000 a 2001.

$$TC = \left[\left[\left(\frac{TPDAn}{TPDAn-1}\right)^{\frac{1}{n}}\right]^{\square}\right] \qquad TC = \left[\left[\left(\frac{8830.1}{8349.4}\right)^{\frac{1}{2001-2000}}\right]^{\square}\right] = 1.058$$

Con la obtención de las tasas de crecimiento por año, se procedió a la obtención de la tasa de crecimiento final mediante la siguiente ecuación.

$$Tf = \left[(Tc1 * Tc2 * \ldots . * Tcn)^{\frac{1}{n}} - 1\right]; \quad Tf = \left[(1.058 * 1.025 * 1.042 * \ldots . * 1.028)^{\frac{1}{13}} - 1\right]^{\square}$$

$$Tf = 4.279$$

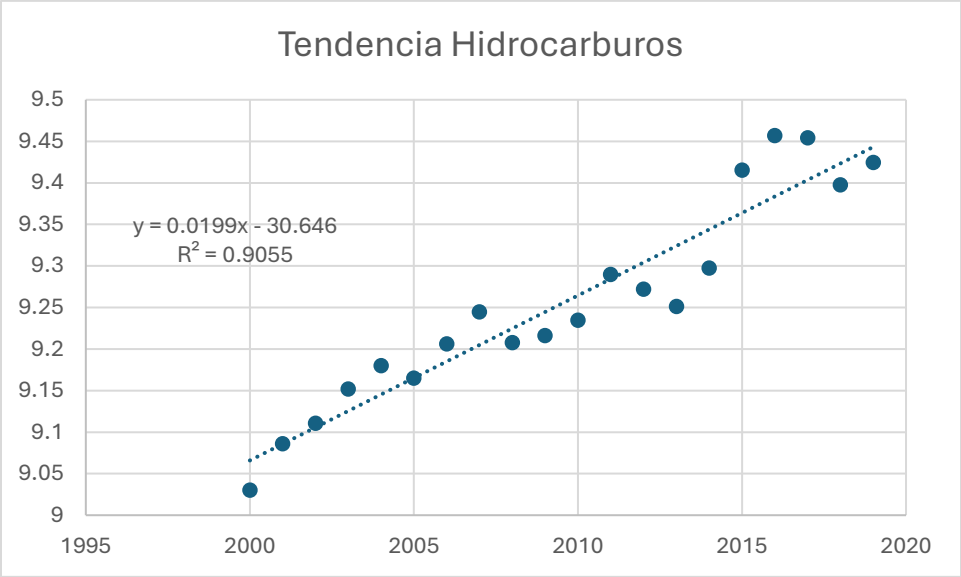
La tabla 19 (p.59) presenta los resultados muestran una tasa final del 4.279 %. Para esta tasa final se descartaron tasas de crecimiento que presentaron decrecimiento, así mismo, al realizar el análisis de las líneas de tendencia con respecto al tiempo, se obtiene un coeficiente de relación $R^2 = 0.9055$. (Ver figura 12, p. 60).

Tabla 19. Tasa de crecimiento del consumo de combustible.

CONSUMO NACIONAL DE HIDROCARBUROS (Miles de barriles)			
AÑO	CONSUMO	Tc	Ln
2000	8349.4		9.029944959
2001	8830.1	1.058	9.085921619
2002	9052.1	1.025	9.110752054
2003	9430.6	1.042	9.151715
2004	9698.8	1.028	9.179757445
2005	9555.3	0.985	9.164851253
2006	9957.17	1.042	9.206048174
2007	10350.59	1.040	9.244798802
2008	9974.4	0.964	9.20777709
2009	10059.66	1.009	9.216288646
2010	10245.44	1.018	9.234588008
2011	10826.6	1.057	9.289761348
2012	10633.99	0.982	9.271810754
2013	10415.21	0.979	9.251022517
2014	10910.96	1.048	9.297523068
2015	12273.17	1.125	9.415170858
2016	12794.49	1.042	9.456769888
2017	12761.16	0.997	9.454161462
2018	12056.89	0.945	9.39739156
2019	12389.8	1.028	9.424628832
Tf			4.279

Fuente: Anuario estadístico de hidrocarburos (INIDE, 2019, p.80)

Figura 12. Línea de tendencia consumo nacional de combustible.



3.3.5.7. Selección de la tasa de crecimiento.

Una vez obtenida las tasas de crecimiento de cada uno de los indicadores económicos y del TPDA histórico, se puede notar que al comparar valores obtenemos diferencias notorias en las tasas de crecimiento obteniendo hasta el 7% y 9% en los datos históricos del TPDA y valores de 1% para los indicadores económicos, por lo tanto, debido a la alta variación entre tasas, para obtener la tasa de crecimiento de la proyección se realizó un promedio de las 5 tasas de crecimiento obtenidas, tal como se expresa de la siguiente forma:

$$Tc = \frac{7.781 + 9.521 + 1.372 + 5.090 + 4.279}{5} = 5.609\%$$

Por lo tanto, para obtener el tránsito normal (Tn) el cual es fundamental para el periodo de diseño, se debe proyectar el tránsito promedio diario anual base (2025) hasta el año meta de proyección (2045), trabajando con una tasa de 5.609%.

3.3.5.8. Tránsito normal y proyección de tránsito.

Esta comprende al flujo que actúa en la vía y esta varia depende del crecimiento económico y actividades comunes del país, Para obtener el crecimiento normal de tránsito se obtiene mediante la siguiente ecuación: $Tn = To(1 + i)^n$

Si se desea calcular el tránsito normal para el vehículo designado como camioneta al año 2027, se aplica esta ecuación donde (To) es el año base 2025 del TPDA equivalente a 102 vpd, y la tasa de crecimiento anual calculada en la sección 5.2.5.7, todo potenciado por la diferencia de años desde el año base.

$$Tn_{2027(Cmta)} = 102(1 + 5.609\%)^2 = 114\ vpd$$

En la tabla 20 podemos observar los resultados del tránsito normal para nuestra proyección de tránsito a 20 años finalizando en el año 2045, utilizando una tasa creciente anual del 5.609%. También se pudo obtener la proyección de tránsito promedio diario anual total para el año 2045 con un flujo vehicular de 1610 vehículos por día, como se tiene parte del 2026 concluido también se añadió hasta el año 2046 como proyección con un TPDA de 1700 vehículos por día. (Observar Tabla 20, p.62).

Tabla 20. Proyección del tránsito promedio diario anual con una tasa de crecimiento de 5.609%

PROYECCION DE TRÁNSITO (CARRETERA MENOR RURAL - 20 AÑOS)																			
AÑO	No.	Moto	Vehículos de pasajeros									Vehículos de carga				Otros			TOTAL
			Autos	Jeep	Camioneta	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv 2.5 T	C 2	C 3	Tx- Sx <=4e	Tx-Sx >=5e	Cx - Rx <=4e	Cx-Rx >=5e	V. A	V. C	Otros	
2025	0	219	156	27	102	5	1	0	11	5	7	0	0	0	0	3	2	3	540
2026	1	232	164	28	108	5	1	0	11	5	8	0	0	0	0	3	2	3	571
2027	2	245	174	30	114	5	1	0	12	5	8	0	0	0	0	3	2	3	603
2028	3	258	183	31	121	6	1	0	13	5	9	0	0	0	0	3	2	3	637
2029	4	273	194	33	127	6	1	0	13	6	9	0	0	0	0	3	2	3	672
2030	5	288	204	35	135	6	1	0	14	6	10	0	0	0	0	4	3	4	710
2031	6	304	216	37	142	7	1	1	15	6	10	0	0	0	0	4	3	4	750
2032	7	321	228	39	150	7	1	1	16	7	11	0	0	0	0	4	3	4	792
2033	8	339	241	41	158	7	1	1	17	7	12	1	0	0	0	4	3	4	836
2034	9	358	254	44	167	8	1	1	18	8	12	1	0	0	0	4	3	5	883
2035	10	378	269	46	177	8	1	1	19	8	13	1	0	0	0	5	3	5	933
2036	11	400	284	49	187	9	1	1	20	8	14	1	0	0	0	5	4	5	985
2037	12	422	300	51	197	9	1	1	21	9	14	1	0	0	0	5	4	5	1040
2038	13	446	316	54	208	10	1	1	22	9	15	1	0	0	0	5	4	6	1099
2039	14	471	334	57	220	10	2	1	23	10	16	1	0	0	0	6	4	6	1160
2040	15	497	353	60	232	11	2	1	24	11	17	1	0	0	0	6	5	6	1225
2041	16	525	373	64	245	11	2	1	26	11	18	1	0	0	0	6	5	7	1294
2042	17	554	393	67	259	12	2	1	27	12	19	1	0	0	0	7	5	7	1367
2043	18	585	416	71	273	13	2	1	29	12	20	1	0	0	0	7	5	7	1443
2044	19	618	439	75	289	13	2	1	30	13	21	1	0	0	0	8	6	8	1524
2045	20	653	463	79	305	14	2	1	32	14	22	1	0	0	0	8	6	8	1610
2046	21	690	489	84	322	15	2	1	34	15	23	1	0	0	0	8	6	9	1700

3.4. Diseño geométrico.

El diseño geométrico de carreteras constituye una de las etapas fundamentales en el desarrollo de proyecto de viales, esta define la disposición del terreno y las condiciones necesarias para garantizar una circulación segura, cómoda y eficiente para los usuarios. De esta forma, el rediseño de la carretera busca que el trazado propuesto se adapte en la mayor medida posible a las condiciones y características existentes de la zona.

En esta sección se muestra los resultados obtenidos del alineamiento horizontal, alineamiento vertical y diseño transversal obteniendo una geometría vial 3D correspondiente a los 6 kilómetros del tramo Los Altos de Masaya – La carbonera creada en base a los criterios de diseño del Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con mención de la ASHTOO (2011).

3.4.1. Controles y criterios de diseño.

3.4.1.1. Clasificación de la zona de estudio del tramo.

Para el tramo en estudio no se dispone de información actualizada de censos poblacionales, por lo que no es posible determinar con precisión la densidad de población del área donde se localiza. Como se mencionó en el apartado 3.1.1. de micro-localización, esta se encuentra a 28 km del sureste de la capital de managua y a 9 km de distancia del centro del departamento de Masaya, esto, permite inferir que el tramo de estudio se encuentra en las afueras del casco urbano de Masaya, clasificando el tramo en una zona de carácter rural.

3.4.1.2. Clasificación funcional de la carretera.

Establecemos la clasificación del tramo y su función vial de acuerdo al tránsito promedio diario anual que circula dentro del tramo en el año base (2025), por lo tanto, luego de obtener los resultados del tránsito promedio diario anual con un TPDA actual de 540 vpd (Ver tabla 10, p.46) y para año final de diseño (2045) obtuvimos 1610 vpd (Ver tabla 20, p.62) según el manual proveído por SIECA

(2011), los servicios que provee actualmente el tramo y la zona en que se encuentra el tramo, corresponde a una carretera colectora menor rural para la determinación de los parámetros de diseño estableciendo un diseño geométrico de 2 carriles de sentidos opuestos . (Ver tabla 21-22, p.64)

Tabla 21. Clasificación funcional de la carretera y servicios que provee.

La Clasificación Funcional agrupa las calles y carreteras en tres grupos:

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	SERVICIOS QUE PROVEE
• Arterial	Provee el mayor nivel de servicio con las mayores velocidades permitidas en distancias de viaje ininterrumpido, con algún grado de control en los accesos.
• Colector	Provee un menor nivel de servicio que la arterial. Se permiten velocidades menores en distancias cortas por servir de colector de tráfico de caminos locales y los conecta con las arteriales.
• Local	Consiste en todas las carreteras no definidas como arteriales o colectoras; su servicio principal es proveer acceso a la mayoría de lugares y sirve a los viajes sobre distancias relativamente cortas.

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (Sieca, 2011, p.25)

Tabla 22. Clasificación funcional respecto al TPDA.

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

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (Sieca, 2011, p.33)

3.4.1.3. Vehículo de diseño.

Este se obtiene a partir del estudio de tránsito elaborado. Tal como se especificó en el apartado 3.2, se demuestra que el vehículo de mayor dimensión (pesado) que circula en el tramo es el camión clasificado como Liv 2-5 Ton seguido de C3. Sin embargo, para cualquier diseño de obra vial, se debe considerar el vehículo con mayores dimensiones que tenga alta predominancia en el tramo, con el objetivo de establecer un estándar alto que garantice mayor seguridad vial, por lo antes mencionado, no se utilizara el camión Liv 2-5 ton como vehículo para el proyecto, si no que se trabajara con el camión clasificado como C3.

El Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras proveído por SIECA, establece dimensiones generales para vehículos de diseño, en la cual se extrajo las dimensiones de los vehículos de diseño WB-12 (Semirremolque intermedio) y WB-15 (Semirremolque grande) (Ver en Anexo, p.VII) los cuales, son lo más parecidos al camión C3 en cuanto sus dimensiones. Si bien el camión tipo C3, presenta dimensiones similares a las de un vehículo de diseño WB-12, es importante señalar que no todos los camiones C3 poseen la misma longitud, existiendo dimensiones más cortas y otras más largas.

Por tal motivo, para el diseño geométrico se estableció un vehículo de diseño WB-15 representando el caso más desfavorable dentro de los camiones rígidos de tres ejes que circulan en el tramo de estudio. Esto se fundamenta de acuerdo a los criterios del Manual SIECA y en las practicas del Ministerio de transporte e infraestructura, las cuales recomiendan emplear un vehículo de diseño que garantice las condiciones adecuadas de seguridad y operación, siendo el WB-15 que asegure los elementos geométricos necesarios para el proyecto para la circulación de la totalidad de camiones tipo C3 sin importar variación de dimensiones, cabe mencionar que el manual SIECA generaliza el WB-15 en las dimensiones de vehículos vistos con mayor participación en el tránsito, como podremos observar a continuación en la tabla 23 y 24 (p.66) , las cuales presentan las dimensiones establecidas por el Manual SIECA para vehículos de diseño para WB-12 Y 15.

Tabla 23. Apéndice 1, Características generales de vehículos de diseño.

Vehículo de Diseño Tipo	Dimensiones (m)												
	Dimensiones Exteriores				Salientes		Varias (ver notas al pié)						Distancia entre Centro de Ejes
	Símbolo	Alto	Ancho	Longitud	Delantero	Trasero	WB1	WB2	S	T	WB3	WB4	
Vehículo de Pasajeros	P	1.30	2.10	5.80	0.90	1.50	3.40	--	--	--	--	--	--
Camión de una Unidad	SU	3.40-4.10	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	--	--	--	--	--	--
BUSES													
Buses Interubanos	BUS-12	3.70	2.60	12.20	1.80	1.9[a]	7.30	1.10	--	--	--	--	--
	BUS-14	3.70	2.60	13.70	1.80	2.6[a]	8.10	1.20	--	--	--	--	--
Buses Urbanos	CITY-BUS	3.20	2.60	12.20	2.10	2.40	7.60	--	--	--	--	--	--
Bus Escolar Convencional	S-BUS 11	3.20	2.40	10.90	0.80	3.70	6.50	--	--	--	--	--	--
Bus Escolar Largo	S-BUS 12	3.20	2.40	12.20	2.10	4.00	6.10	--	--	--	--	--	--
Bus Articulado	A-BUS	3.40	2.60	18.30	2.60	3.10	6.70	5.90	1.90[b]	4.0[b]	--	--	--
COMBINACIÓN DE CAMIONES													
Semiremolque Intermedio	WB-12	4.10	2.40	13.90	0.90	0.80[a]	3.80	8.40	--	--	--	--	8.40
Semiremolque Grande	WB-15	4.10	2.60	16.80	0.90	0.60[a]	4.50	10.80	--	--	--	--	11.40
Semiremolque Interestatal	WB-19*	4.10	2.60	20.90	1.20	0.80[a]	6.60	12.30	--	--	--	--	13.00
Semiremolque Interestatal	WB-20**	4.10	2.60	22.40	1.20	1.40-0.80[a]	6.60	13.20-13.8	--	--	--	--	13.90-14.50
Semiremolque Interestatal	WB-20D	4.10	2.60	22.40	0.70	0.90	3.40	7.00	0.90[c]	2.10[c]	7.00	--	7.00
Remolque/Semiremolque Triple	WB-30T	4.10	2.60	32.00	0.70	0.90	3.40	6.90	0.90[d]	2.10[d]	7.00	7.00	7.00
Semiremolque doble Turnpike	WB-33D*	4.10	2.60	34.80	0.70	0.80[a]	4.40	12.20	0.80[a]	3.10[a]	13.60	--	13.00
VEHÍCULOS DE RECREACIÓN													
Casa Rodante	MH	3.70	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	--	--	--	--	--	--
Carro y Trailer Camper	P/T	3.10	2.40	14.80	0.90	3.10	3.40	--	1.50	5.80	--	--	--
Carro y Trailer de Bote	P/B		2.40	12.80	0.90	2.40	3.40	--	1.50	4.60	--	--	--
	MH/B	3.70	2.40	16.20	1.20	2.40	6.10	--	1.80	4.60	--	--	--
Tractor de Finca	TR	3.10	2.40-3.10	4.9[e]	--	--	3.10	2.70	0.90	2.00	--	--	--

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (Sieca, 2011, p.394)

Tabla 24. Dimensiones de los vehículos de diseño.

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

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras; A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (SIECA, AASHTO, 2011, p.16; p.38)

Mediante las dimensiones que asigna el manual SIECA también esta provee los radios mínimos de la trayectoria de las ruedas exteriores e interiores y el radio mínimo de giro sobre la línea central. (Ver tabla 25, p.67).

Tabla 25. Radios de giro según el tipo de 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: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras; A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (SIECA, AASHTO, 2011, p.19; p. 39)

3.4.1.5. Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño debe ser asumida tomando en cuenta las condiciones actuales del tramo como la geometría actual, zona, topografía y la clasificación funcional de la carretera, así mismo, la velocidad escogida debe establecer una comodidad para el usuario a la hora de maniobrar en la carretera diseñada. También se tuvo en cuenta el nivel de servicio que establece el Manual SIECA.

Para la selección de la velocidad de diseño de acuerdo a las condiciones actuales del terreno, así como su clasificación funcional, el manual SIECA establece que para las carreteras colectoras el rango de velocidad para diseñar es de 30 a 80 km/h. En el apartado 3.2.3. en el cual se hizo un análisis de las pendientes asignadas sobre el terreno se observa que predominan pendientes del 1 al 2%, clasificándolo como terreno plano y debido a que el terreno presenta un alto

número de curvas, no pronunciadas e pronunciadas y al estar en zona rural, se estableció una velocidad de diseño de 50 km/h, velocidad la cual se mantiene constante a lo largo de todo el tramo, seleccionada al considerarse apta para que el usuario maniobre cómodamente sobre el tramo. (Ver tabla 26, p.68).

Tabla 26. Velocidad de diseño asignada al tramo.

TRAMO	CLASIFICACION DEL TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO
0+000 - 6+000	**PLANO**	**50 Km/h**

Fuente: Elaborado por sustentantes.

3.4.1.6.1. Velocidad de ruedo.

Obteniendo la velocidad de diseño siendo 50 km/h, cabe destacar que esta no es la velocidad real en la cual los usuarios van a maniobrar, si no la permitida. La velocidad real según el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico considera que para una velocidad de diseño de 50 km/h, su velocidad de ruedo es de 47 km/h, dicha velocidad refleja el desempeño operativo de la carretera guardando una estrecha relación con la velocidad de diseño adoptada, así obteniendo que el vehículo circule sobre la vía bajo las condiciones normales de operación considerando la geometría del camino y se mantenga dentro de los rangos seguros con los criterios normativos establecidos del manual SIECA. (Ver tabla 27, p. 69).

Tabla 27. Velocidad promedio de ruedo.

VELOCIDAD DE DISEÑO KPH	VELOCIDAD DE RUEDO KPH
20	20
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85
110	91
120	98

Fuente: ASHTOO, 2004, p.143

3.4.2. Definición de la sección transversal.

El diseño transversal de una carretera tiene como finalidad la configuración geométrica de la vía en un plano perpendicular al eje, o mejor dicho un corte. La definición de la sección transversal debe responder a la clasificación funcional de la carretera, velocidad de diseño y características del vehículo de diseño que transitara, considerando además las condiciones topográficas y ambientales del área de estudio.

3.4.2.1. Derecho de vía.

El manual SIECA (2011) establece que, para carreteras colectoras, ubicadas en un rango inferior de la clasificación funcional de carreteras, se considera suficiente disponer de derecho de vía de 20 metros de ancho pudiéndose prolongar hasta 30 metros. Para el diseño del tramo Altos Masaya – La carbonera, se dispondrá de un ancho de 20 metros de derecho de vía.

3.4.2.2. Ancho de calzada.

El Manual SIECA (2011) establece rangos permisibles de 2.75 m a 3.60 m para diseñar el ancho de la carretera, siendo el más deseable de 3.60 m para carreteras rurales y urbanas, el manual SIECA sugiere además un ancho de carril de 3.30 m para carreteras colectoras y esto se complementa también debido a que el manual indica que si existe restricciones por derecho de vía lo recomendado es usar igual un ancho de calzada de 3.30 m. Considerando la circulación del vehículo de diseño siendo WB-15 o C3, se optó por elegir un ancho de 3.30, además de que el ancho de carril de 3.30 resulta admisible conforme a la normativa, esta decisión se fundamenta también en que el WB-15, debido a su longitud y trayectoria barrida en curvas horizontales, requiere mayores márgenes laterales para circular de forma segura y confortable, especialmente en tramo con radio de curvas moderado. Así mismo, contribuye a reducir el riesgo de invasión de carril contrario y mejora la comodidad del conductor al maniobrar, respetando los márgenes de ancho de calzada establecidos por el manual y tomando en cuenta las limitaciones del ancho natural del terreno, obteniendo un ancho total de 6.60 metros para diseño.

3.4.2.3. Hombros y acera.

Los hombros son elementos longitudinales de la sección transversal de una carretera, cuya función principal es proporcionar un margen lateral de seguridad para los usuarios de la vía, este permite la recuperación de vehículos que se desvíen accidentalmente del carril de circulación y facilitan paradas de emergencia, y favorece el drenaje menor o superficial. El manual del SIECA establece un rango de ancho de hombros comprendido entre 1.20 a 1.60 metros dejando a criterio del diseñador la selección del valor más adecuado tomando en cuenta las condiciones geométricas establecidas y el más apto para el vehículo de diseño para una correcta operación de la vía.

A continuación, en la tabla 28 (p.71) podemos observar los rangos establecidos para los anchos de hombro para una carretera colectora rural menor.

Tabla 28. 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	-	-	-

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.142)

Conforme al rango establecido por el Manual de SIECA, para el diseño transversal de este proyecto se adoptó un ancho de hombro de 1.20 m a ambos lados de la calzada, garantizando un buen margen lateral, reduciendo el riesgo de invasión de áreas no transitables, sin generar un incremento innecesario en el ancho total de la plataforma.

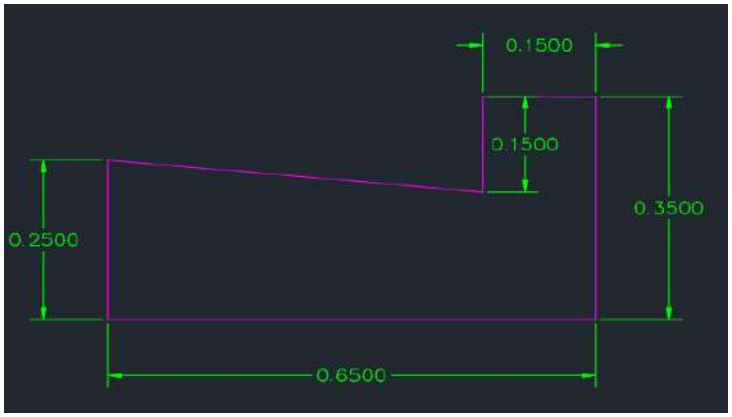
El Manual establece que las aceras se deben considerar cuando los volúmenes de tránsito son elevados, la velocidad de diseño y permitida son significativas (Igual o mayores de 60 km/h) y en lugares de circunvalación con presencia peatonal significativa. el SIECA establece para el diseño transversal, un rango de 1 a 1.20 metros de ancho de acera para una carretera colectora rural menor, por lo antes establecido, se adoptó a consideración un ancho de acera de 1.00 metros a ambos lados de la calzada, reduciendo el riesgo de invasión de áreas no transitables por el peatón proveyendo seguridad tanto peatonal como para el usuario de la vía.

3.4.2.4. Cuneta.

El drenaje superficial es un aspecto fundamental en el diseño de la sección transversal de la carretera a diseñar, de esta forma se evita la acumulación de las aguas provenientes de las precipitaciones, controlando y evacuando hasta su respectivo desagüe, de igual forma ayuda a prevenir el deterioro estructural y afectaciones a la seguridad vial prolongando la vida útil de la vía. Las secciones transversales para cuneta se determinan a partir de un estudio hidrológico que contempla intensidades de las precipitaciones, duración, periodo de retorno, caudal de diseño, así como estudio hidráulico para la capacidad de la cuneta, sección transversal a utilizar.

En el presente estudio monográfico al tratarse de un estudio enfocado en el diseño geométrico y señalización vial, no se contempla el análisis hidrológico ni el dimensionamiento hidráulico detallado de la cuneta. Se adoptó como referencia una sección tipo bordillo existente en la intersección previamente diseñada correspondiente al tramo 1+000 conectada al tramo de diseño, considerando que dicha sección refleja condiciones reales de funcionamiento en el proyecto. Esta selección se realizó con fines académicos y de representación para la sección transversal del tramo de diseño previsto, dado que la carretera debe proveer y garantizar una evacuación adecuada de las aguas superficiales hacia los bordes. podemos observar las dimensiones utilizadas del tramo existente de la intersección para nuestra sección transversal en la figura 13.

Figura 13. Dimensiones de cuneta para sección transversal.



3.4.3. Alineamiento horizontal.

Para el trazado del alineamiento horizontal, es necesario configurar ciertos parámetros de diseño que establece la norma tales como: radio mínimo de curvatura, peralte máximos y aplicados, sobreancho y otros criterios geométricos establecidos que se mencionan en este apartado.

3.4.3.1. Tasa de peralte máximo.

Para la selección de la tasa de peralte máximo, el manual centroamericano de diseño geométrico de carreteras del SIECA, establece tasas máximas de seguridad de peralte utilizables según el tipo de carretera, dependiendo de las condiciones climáticas, condiciones del terreno, zona y frecuencia vehicular que viajan lento y cuya operación puede ser afectada por tasas altas tasas de peralte. Por la consideración de estos factores, el manual establece que para un área rural montañosa sea de 10%, y establece un rango del 8% como peralte máximo razonable para diseño en terrenos ondulados o planos en área rural, 6% para área suburbana y 4% para áreas urbanas. Por lo antes mencionado, como el tramo de estudio no se encuentra en una zona rural montañosa o en áreas suburbanas, siendo este terreno plano, se usó una tasa de peralte máxima de 8% para el diseño geométrico.

3.4.3.2. Factor de fricción lateral.

el Manual SIECA, para el valor de fricción lateral, establece que se tome el valor en cuanto a la velocidad de diseño escogida y la tasa de peralte máximo. Por lo tanto, al ser la velocidad de diseño de 50 km/h y con una tasa de peralte máxima del 8%, nuestro valor de fricción lateral para el tramo de estudio es de 0.19, podemos observar esta obtención, mediante la siguiente tabla (p.74):

Tabla 29. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 8%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	7.3	7	163°42'
30	0.28	19.7	20	57°18'
40	0.23	40.6	41	27°57'
50	0.19	72.9	73	15°42'
60	0.17	113.4	113	10°08'
70	0.15	167.8	168	06°49'
80	0.14	229.1	229	05°00'
90	0.13	303.7	304	03°46'
100	0.12	393.7	394	02°55'
110	0.11	501.5	501	02°17'
120	0.09	667.0	667	01°43'

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (Sieca, 2011, p.89)

3.4.3.3. Radio mínimo de curva.

El Manual SIECA establece que el radio mínimo es el valor limitante de las curvaturas del tramo. Para definir el radio mínimo de curvatura para el alineamiento, este se determina mediante la relación del peralte máximo escogido y la velocidad de diseño seleccionada de la vía, como se observa en la tabla 29, define el radio mínimo siendo de 73 m. Esto puede comprobarse de igual manera mediante la ecuación 5, (p.22):

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (e_{max} + f_{max})}$$

Aplicando la ecuación con los valores de velocidad, peralte máximo y fricción máxima seleccionadas, obtenemos el siguiente valor para el radio mínimo, acordando con la tabla:

$$R_{min} = \frac{50^2}{127 * (0.08 + 0.19)} = 72.9\ m = 73\ m$$

3.4.3.3.1. Comprobación de peralte máximo y fricción lateral.

Podemos hacer una comprobación de los valores del peralte máximo y fricción lateral utilizando la ecuación 4 (p.22), denominada como la ecuación general que gobierna la operación de un vehículo en curva, proveída por el manual del SIECA.

$$e + f = \frac{V^2}{127 * R}$$

Aplicando despeje en función del peralte y fricción lateral obtenemos el siguiente resultado en cuanto a una velocidad de 50 Km/h y un radio mínimo de curvatura de 73 m.

$$e = \frac{50^2}{127 * 73} - 0.19 = 0.079 = 0.08\%$$

$$f = \frac{50^2}{127 * 73} - 0.08 = 0.189 = 0.19$$

Mediante este despeje para el peralte y fricción lateral, los valores obtenidos son de acuerdo a la tabla 29 (p.74).

3.4.3.4. Grado de curvatura.

Según el manual del SIECA, El grado de curvatura es una forma de expresar la "agudeza" de una curva y se expresa, para la definición de "arco" como un ángulo central subtendido por un arco "arco" de 20 metros. Esta se obtiene mediante la ecuación 6, (p.22).

$$D_{20} = \frac{1145.9156}{R}$$

Donde el radio a usar será el obtenido para nuestro radio mínimo siendo de 73 metros. Aplicando valores en la ecuación, obtenemos el siguiente resultado.

$$D_{20} = \frac{1145.9156}{73} = 15°41´50.91´´ = 15°42´$$

el grado de curva recomendado de acuerdo a la ecuación es un redondeo absoluto a $15°41´50.91´´\ a\ 15°42´$ esto recomendado de acuerdo a la tabla 29 (p.74).

3.4.3.5. Longitud máxima en recta (Tangente).

Para el caso del tramo de estudio se calcula la longitud máxima en recta utilizando la siguiente ecuación:

$$L = 20 * V$$

Aplicando una velocidad de diseño de 50 km/h la longitud máxima en recta seria:

$$L = 20 * 50 = 1000\, m$$

3.4.3.6. Radio máximo de curvas de transición tipo espiral.

De acuerdo lo establecido en el Manual de la AASHTO (2011), el uso de curvas de transición tipo espiral no siempre es necesario en el diseño de curvas horizontales. En el caso de una velocidad de diseño de 50 km/h, el manual establece que las curvas con radios superiores a 148 metros pueden diseñarse como curvas circulares simples, esto debido a que la aceleración lateral que experimenta el vehículo al pasar de la tangente al arco circular es lo suficientemente gradual, manteniendo la comodidad y estabilidad vehicular dentro de los límites aceptables sin necesidad de transiciones adicionales. Podemos observar los radios limites que permiten prescindir de una curva de transición en la siguiente tabla.

Tabla 30. Radio máximo para el uso de curva de transición espiral.

Design speed (km/h)	Maximum radius (m)
20	24
30	54
40	95
50	148
60	213
70	290
80	379
90	480
100	592
110	716
120	852
130	1000

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO, 2011, p.166; 3-56)

En el caso de una velocidad de diseño de 50 km/h, el manual establece que las curvas con radios superiores a 148 metros pueden diseñarse como curvas circulares simples.

3.4.3.7. Longitudes de transición

La longitud de transición se determina para que el cambio desde la tangente con bombeo normal (Sección en tangente) a una sección transversal con el peralte requerido en una curva (peralte total) ocurra de forma gradual y segura, esta se considera cuando el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal, hasta el punto total de la curva.

El manual centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras (SIECA, 2011, p.95) recomienda que la distribución de la longitud de transición para el peralte se desarrolle 2/3 sobre la tangente y 1/3 sobre la curva, por lo tanto, obtenemos dos criterios a calcular siendo Ls como la longitud de transición y Db como la longitud de transición del bombeo.

3.4.3.7.1. Longitud de transición para curvas simples.

Las expresiones para la longitud de transición y transición de bombeo están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$Ls = \frac{(W*n)*ed}{\Delta} * bw; Db = \frac{e_{NC}}{ed} * Ls$$

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (Sieca, 2011, p.92)

El valor "Δ" o máxima pendiente relativa, obtiene un valor de 0.65% en función a la velocidad de diseño (Ver tabla 31, p.78), en cuanto al peralte de diseño (ed) está en función al radio de la curva de diseño (Ver en Anexo, p.VII) , factor de ajuste por número de carriles en rotación (bw) al ser un carril en rotación será de un valor de "1" y la pendiente transversal de bombeo (e_{NC}) del 3% (Ver apartado 3.4.3.9), para el valor de n obtenemos el valor de 1 al solo ser un carril de rotación para la longitud de transición.

Tabla 31. Máxima pendiente relativa

Velocidad de Diseño KPH	Máxima Pendiente Relativa (%)	Talud Máximo Relativo Equivalente
20	0.80	1:125
30	0.75	1:133
40	0.70	1:143
50	0.65	1:154
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.47	1:200
90	0.44	1:213
100	0.41	1:227
110	0.38	1:244
120	0.35	1:263

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (Sieca, 2011, p.94)

3.4.3.7.2. Cálculo de longitud de transición y aplanamiento en curva circular simple. (Curva 1)

Datos:

- W=3.30 m
- N=1
- Ed=6.4% = R=160 m
- Enc=3%
- Bw=1

1) Longitud de transición del peralte

$$Ls = \frac{(W * n) * ed}{\Delta} * bw = \frac{(3.30 * 1) * 6.4\%}{0.65\%} * 1 = 33\ m$$

2) Longitud de transición del bombeo

$$Db = \frac{e_{NC}}{ed} * Ls = \frac{3.0\%}{6.5\%} * 33\ m = 15\ m$$

3.4.3.8. Sobreancho en curvas.

Para el sobreancho se determinó mediante las ecuaciones establecidas por el manual del SIECA, considerando como vehículo de diseño un semirremolque tipo WB-15, con un radio de curvatura propuesto de 160 metros, y siempre usando la velocidad de diseño de 50 km/h. En cuanto a los parámetros geométricos del vehículo de diseño, como se expresa en la tabla 24, (p.66), el vehículo WB-15 posee dos distancias entre ejes siendo WB-1 con 4.50 m de distancia de los ejes del camión, y WB-2 de 10.80, distancia que fue utilizada para el cálculo del sobreancho, ya que este representa la separación entre el eje delantero del vehículo y el grupo de ejes del semirremolque, siendo el tramo que controla la trayectoria en curva.

Por lo tanto, se procede al cálculo del sobreancho mediante la ecuación general del ancho necesario en curva, este procedimiento se hará en la curva 1 con un radio propuesto de 160 metros.

$$WC = N(U + C) + (N - 1)F_A + Z$$ (SIECA, 2011, p.109)

Tomando en cuenta los siguientes datos:

- Número de carriles: 2
- Ancho de rodamiento: 6.60
- Radio propuesto (Curva 1): 160 m
- Velocidad de diseño: 50 km/h
- Ancho de la huella del vehículo de diseño (u)=2.60m
- Distancia entre ruedas del vehículo de diseño entre ejes: 10.80 m
- Claro lateral asumido: 0.75
- Saliente frontal: 0.90

Determinamos el ancho de huella del vehículo en curva mediante la siguiente ecuación.

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - \Sigma \mathrm{Li}^2} = 2.60 + 160 - \sqrt{160^2 - 10.80^2} = 2.97m$$

Determinamos el ancho de saliente frontal en el carril interior.

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R = \sqrt{160^2 + 0.90(2(10.80) + 0.90)} - 160 = 0.06\ m$$

Determinamos el ancho entra recomendable

$$Z = 0.1 * \left(\frac{V}{\sqrt{R}}\right) = 0.1 * \left(\frac{50}{\sqrt{160}}\right) = 0.40\ m$$

Obtenemos el ancho necesario en curva mediante la ecuación general.

$$WC = N(U + C) + (N - 1)F_A + Z = 2(2.97 + 0.75) + (2 - 1) * 0.06 + 0.40$$
$$= 7.9\ m$$

Calculamos el sobreancho

W=Wc - Wn = 7.9 – 6.60 = 1.3 metros.

El manual del SIECA, establece valores calculados de sobreancho para un vehículo de diseño WB-15 según su radio de curvatura, ancho de calzada y velocidad, siendo que, para un radio de 160 metros, de 6.60 metros de ancho y una velocidad de diseño 50 km/h, el valor para sobreancho es de 1,3. Aunque la tabla no muestre exactamente el valor del sobreancho para un radio de 160 metros, este se puede obtener mediante una interpolación lineal entre los valores más cercanos obteniendo el sobreancho calculado manualmente. (Ver tabla 32, p.80).

Tabla 32. Obtención del sobreancho para un radio de 160 metros mediante interpolación lineal.

200	1.1
160	X
150	1.4

$$X = 1.1 + \frac{(1.4 - 1.1)}{(150 - 200)} * (160 - 200) = 1.3\ \text{m}$$

Mediante el cálculo hecho previamente, para determinar el sobreancho de forma manual, podemos observar en la tabla 34 (p.81), los sobreanchos utilizados en nuestro tramo con los radios de diseño propuestos. De igual forma, podemos observar En la tabla 34 los valores que establece el manual SIECA para sobreancho en curva, en función del radio de diseño establecido. (Ver tabla 34 y 35, pp. 81-82)

Tabla 33. Valores de sobreancho utilizados en el diseño geométrico vial.

SOBREANCHOS CALCULADOS		
RADIO	**Wc**	**W**
150	**8**	**1.4**
160	**7.9**	**1.3**
180	**7.8**	**1.2**
200	**7.7**	**1.1**
400	**7.3**	**0.7**
500	**7.2**	**0.6**

Fuente: Elaborado por sustentantes.

Tabla 34. Valores de diseño para sobreancho en curvas de carreteras.

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	0.6	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)

Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.111)

3.4.3.9. Bombeo de la pendiente transversal.

El manual proveído por SIECA establece rangos para el bombeo con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua permitiendo un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente para que el conductor no presente incomodidad o inseguridad. El manual define el rango del bombeo dependiendo el tipo de rodadura en dos tipos siendo alto para aquellos que mantienen superficies lisas y antideslizantes y sometidas a cargas de altos volúmenes de tráfico pesado y bajo lo que poseen superficies de terracería, sin tratar o tratadas mediante la inclusión de agregados pétreos, podemos observar esta clasificación en la siguiente tabla:

Tabla 35. Bombeo normal de la calzada.

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

Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.139)

Considerando la condición rural del proyecto, la clasificación de la carretera, así como el tránsito de vehículos pesados en el tramo, lo óptimo es escoger una carpeta de rodamiento con alta resistencia a cargas, como carpeta rígida o flexible, las cuales pertenecen a superficies de tipo alto con rangos de 1.5 a 2%, pero debido a que un bombeo ligeramente mayor contribuye a mejorar a mejorar las condiciones de seguridad vial reduciendo la posible acumulación del agua superficial en la rodadura, se escogió un bombeo del 3% sobre el tramo, así, garantizando un mejor drenaje y evitar el empozamiento.

3.4.3.10. Diseño y cálculo de curva horizontal simple (Curva 1 y 3).

A continuación, se mostrará el cálculo de los elementos de la curva horizontal numero 1 correspondiente al tramo de diseño, la obtención de los datos para el cálculo de los elementos geométricos de la curva horizontal fueron mediante el software AutoCAD Civil3D 2025.

- $PI = 0 + 063.16$
- $R = 160\ m$
- $\Delta = 16.7185$

1) Comparación del radio propuesto de la curva con respecto al radio de curvatura mínimo.

$$R_c = 160\ m > 73\ m\ (El\ radio\ propuesto\ cumple)$$

2) Comparación del grado de curvatura de la curva con respecto al grado de curvatura máximo.

$$G_c = \frac{1145.92}{Rc} = \frac{1145.92}{160} = 7°9'43'' < 15°42'\ (Cumple\ el\ grado\ de\ curvatura)$$

3) Evaluar la necesidad de implementar curvas de transición tipo espiral en los extremos de la curva circular.

$$R_c = 160\ m > 148\ m$$

Dado que el radio de la curva en diseño (160) es mayor que el radio limite (148) establecido para una velocidad de 50 km/h, la curva a diseñar no necesita espirales de transición en sus extremos

4) Elementos geométricos de la curva circular.

a) Sub-tangente de entrada y salida de la curva circular

$$ST = Rc * Tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 160\ m * Tan\ \left(\frac{16.7185}{2}\right) = 23.51\ m$$

b) Cuerda larga (Máxima)

$$CL = 2 * Rc * Sen\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 160 * Sen\left(\frac{16.7185}{2}\right) = 46.521\ m$$

c) Longitud de la curva circular,

$$Lc = \frac{3.1416 * Rc * \Delta}{180} = \frac{3.1416 * 160 * 16.7185}{180} = 46.69\ m$$

d) Ordenada media.

$$M = R_c * \left[1 - Cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right] = 160 * \left[1 - Cos\left(\frac{16.7185}{2}\right)\right] = 1.70\ m$$

e) Externa

$$E = Rc * \left[Sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1\right] = 160 * \left[Sec\left(\frac{16.7185}{2}\right) - 1\right] = 1.72\ m$$

5) Obtención de las estaciones principales.

- $EST.PC = EST.PI - ST = 0 + 063.16 - 23.51 = 0 + 039.65$
- $EST.PM = EST.PC + \left(\frac{Lc}{2}\right) = 0 + 039.65 + \left(\frac{46.69\ m}{2}\right) = 0 + 062.99$
- $EST.PT = EST.PC + Lc = 0 + 039.65 + 46.69 = 0 + 086.34$

El cálculo de las estaciones fue en base al PI dado por el software Autodesk Civil3D, de igual manera se puede obtener el punto de intersección mediante formula manual siendo:

- $EST.PI = EST.PC + ST = 0 + 039.65 + 23.51 = 0 + 063.16$

De igual forma, se mostrará el cálculo de los elementos de la curva horizontal numero 3 correspondiente al tramo de diseño con el radio de curva más pequeño (critico) utilizado en el diseño horizontal.

Datos:

- R=150 m
- Δ=52.675
- PI=0+434.95

1) Comparación del radio propuesto de la curva con respecto al radio de curvatura mínimo.

$$R_c = 150\ m > 73\ m\ (El\ radio\ propuesto\ cumple)$$

2) Comparación del grado de curvatura de la curva con respecto al grado de curvatura máximo.

$$G_c = \frac{1145.92}{Rc} = \frac{1145.92}{150} = 7°38´22´´$$
$$< 15°42´\ (Cumple\ el\ grado\ de\ curvatura)$$

3) Evaluar la necesidad de implementar curvas de transición tipo espiral en los extremos de la curva circular.

$$R_c = 150\ m > 148\ m$$

Dado que el radio de la curva en diseño (150) es mayor que el radio limite (148) establecido para una velocidad de 50 km/h, la curva a diseñar no necesita espirales de transición en sus extremos

4) Elementos geométricos de la curva.

f) Sub-tangente de entrada y salida de la curva circular

$$ST = Rc * Tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 150\ m * Tan\left(\frac{52.675}{2}\right) = 74.26\ m$$

g) Cuerda larga (Máxima)

$$CL = 2 * Rc * Sen\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 150 * Sen\left(\frac{52.675}{2}\right) = 133.097\ m$$

h) Longitud de la curva circular,

$$Lc = \frac{3.1416 * Rc * \Delta}{180} = \frac{3.1416 * 150 * 52.675}{180} = 137.90\ m$$

i) Ordenada media.

$$M = R_c * \left[1 - Cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right] = 150 * \left[1 - Cos\left(\frac{52.675}{2}\right)\right] = 15.57\ m$$

j) Externa

$$E = Rc * \left[Sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1\right] = 150 * \left[Sec\left(\frac{52.675}{2}\right) - 1\right] = 17.37\ m$$

5) Obtención de las estaciones principales.

- $EST.PC = EST.PI - ST = 0 + 434.96 - 74.26 = 0 + 360.69$
- $EST.PM = EST.PC + \left(\frac{Lc}{2}\right) = 0 + 360.69 + \left(\frac{137.90\ m}{2}\right) = 0 + 420.64$
- $EST.PT = EST.PC + Lc = 0 + 360.69 + 137.90 = 0 + 498.59$

Nota: Mediante el mismo procedimiento de cálculo y obtención de las estaciones, se realizaron 29 curvas horizontales a lo largo de los 6 Km del tramo, haciendo uso del Software Autodesk Civil3D, de las cuales pertenecen a la categoría de curva circular simple al poseer radios mayores a 148 metros establecidos por la AASHTO para prescindir de las curvas de transición. (Ver Anexo XXI, tabla 53.) En este apartado, se puede observar los detalles de cálculo de todas las curvas horizontales del tramo.

3.4.4. Alineamiento vertical.

Las curvas verticales tienen por objetivo suavizar los cambios de las pendientes en el alineamiento vertical, en cuya longitud se efectúa el paso gradual de la pendiente de entrada y la pendiente de salida, así obteniendo como resultado un camino de operación segura y confortable.

3.4.4.1. Pendientes de control para el diseño.

El manual SIECA (2011) establece pendientes máximas según el tipo de carretera a diseñar y el tipo de terreno, por lo cual la pendiente máxima para una carretera colectora rural, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 36. Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales.

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

Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.119)

Con una velocidad de diseño de 50 km/h y al tener un tipo de terreno de categoría plana, el cual se obtuvo este análisis mediante el Software Civil3D en el apartado 5.3.1.3. Tipo de terreno de la vía. La máxima pendiente que se puede utilizar en nuestro diseño es del 7% según lo establecido en el manual.

3.4.4.2 Pendiente mínima.

La pendiente mínima es la que se fija para establecer un drenaje adecuado sobre la vía, el manual de SIECA permite una pendiente mínima del 0.3%, pero lo que recomienda es usar una pendiente mínima del 0.5% para un mejor efecto, por lo antes establecido del manual (p.120), para nuestro diseño se estableció una pendiente mínima del 0.5%

3.4.4.3. Tasa de curvatura vertical (K)

El manual proveído por SIECA establece que, dado que la distancia es constante para una velocidad dada, se puede expresar la longitud de la curva vertical en función de una constante (K), Al tener una velocidad de diseño de 50 Km/h para el tramo de diseño, se obtienen los siguientes datos:

- Para una curva en cresta el manual establece un valor de 7 y para curvas en columpio un valor de 13 como mínimo. Podemos observar estos valores en la tabla 37 y 38 (88-89).

Tabla 37. Control de diseño para curva vertical en cresta.

Velocidad de DiseñoKPH	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	11.0	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

K = Longitud (m) por porcentaje de A

Fuente: Manual para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.125-127)

Tabla 38. Control de diseño para curva vertical 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

K = Longitud (m) por porcentaje de A

Fuente: Manual para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.125-127)

3.4.4.4. Diseño y cálculo de curva vertical en cresta (Convexa descendente tipo III).

A continuación, se mostrará el cálculo correspondiente a la curva vertical 3 del tramo de diseño, los datos obtenidos para la realización de los cálculos se obtuvieron de igual forma mediante el Software AutoCAD Civil3D.

Datos:

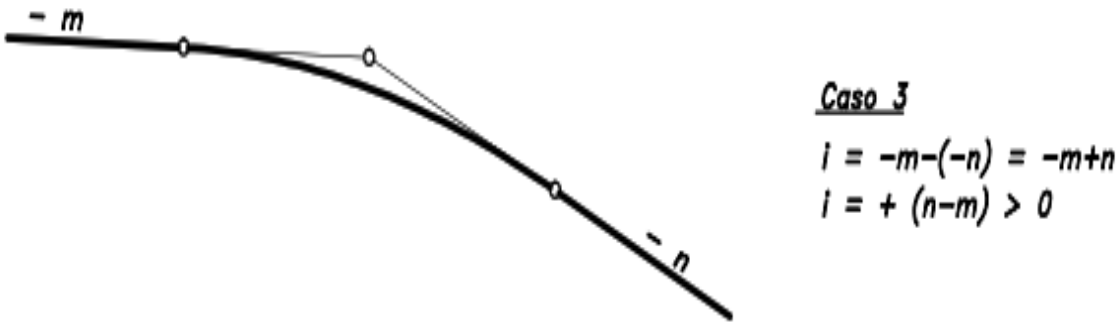
- Pendiente entrada: -0.53%
- Pendiente salida: -1.30%
- EST PVI: 0+742.16
- ELEV PVI: 218.00
- Longitud de curva: 20 m
- Velocidad de diseño: 50 Km/h

1- Diferencia algebraica de pendientes

$$A = p1 - p2 = -1.30 - (-0.53) = 0.77\ \%$$

Por medio de la diferencia algebraica entre pendientes se observa que se trata de una curva vertical convexa descendente, caso 3, (Diseño geométrico de carreteras, Cárdenas, J. 2013, p. 321.). (Ver figura 14, p.90).

Figura 14. Curva vertical convexa descendente (Caso 3)



Fuente: Diseño geométrico de carreteras, (Cardenas, J. 2013, p. 321.).

2- Parámetro K

$$K = \frac{L}{A} = \frac{20}{0.77} = 25.98 > 7\ (Cumple)$$

3- Longitud mínima de curva vertical

El manual establece que la distancia de visibilidad es constante de acuerdo a una velocidad dada, por lo tanto, se expresa la longitud de la curva vertical en función de su constante K, en este caso el mínimo para establecer la longitud mínima que puede tener la curva a diseñar.

$$Lmin = Kmin * A = 7 * 0.77 = 5.40\ m < 20\ m\ (cumple)$$

4- Distancia de visibilidad parada.

El manual SIECA establece una distancia mínima de parada para curvas verticales en cresta, esto en dependencia de la velocidad de diseño, en el caso de una velocidad de 50 km/h, tenemos una distancia de 65 metros.

El manual establece dos ecuaciones para calcular la longitud de parada, esto en dependencia si la distancia de parada es mayor o menor que la longitud de la curva vertical.

a) S > LCV = $Lp = 2 * S - \frac{658}{A}$

b) S < LCV = $Lp = \frac{A*S^2}{658}$

Para este caso la presente curva muestra que S > LCV, por lo tanto, calculamos la longitud de parada mínima mediante la ecuación (b)

$$\boldsymbol{Lp} = 2 * 65 - \frac{658}{0.77\%} = -724.54$$

I) Con el siguiente resultado obtenemos el primer criterio a cumplir que LCV > Lpmin

II) Mediante el siguiente resultado negativo se concluye que Lp < 0 lo que indica que la longitud mínima por visibilidad ya está garantizada incluso sin curva vertical.

5- Distancia de visibilidad de adelantamiento

Al igual que la distancia de visibilidad de parada, para el adelantamiento se tienen dos casos con sus respectivas ecuaciones:

I) Cuando S es menor que LCV

$$L_{adel} = \frac{A * S^2}{864}$$

II) Cuando S es mayor que LCV

$$Ladel = 2 * S - \frac{864}{A}$$

Para obtener el valor de la distancia de adelantamiento el manual establece un valor S de 345 para una velocidad de diseño de 50 Km/h. La presente curva muestra que S > LCV, por lo tanto, calculamos la longitud de parada mínima mediante la ecuación (b)

$$Ladel = 2 * 345 - \frac{864}{0.77\%} = -432.07\ m$$

I) Igual que el anterior resultado se concluye que la longitud de adelantamiento < 0 lo que indica que la longitud de la curva no limita la visibilidad disponible para los conductores, por lo tanto, se satisface ampliamente con la longitud vertical adoptada.

6- Criterio de drenaje.

Una curva vertical en cresta debe cumplir con el siguiente criterio, esto para saber si la curva tendrá un drenaje optimo, esto se comprueba mediante la siguiente ecuación:

$$LCV \leq 43 * A\ ;\ LCV \leq 51 * 0.77\% = 38.5\ m$$

$$20\ m < 39.27\ m$$

Mediante el resultado concluimos que la curva vertical cumple con el criterio de drenaje con posesión de un drenaje optimo en cresta.

7- Criterio de comodidad

Una curva vertical debe poseer un criterio de comodidad para el usuario el cual se obtiene mediante la ecuación:

$L \geq \frac{V^2 * A}{395}$ (SIECA, 2011, p.126)

Para el caso de una curva vertical convexa este criterio no tiene aplicación.

8- Cálculo de los estacionamientos.

$$\boldsymbol{EST\ PCV} = EST\ PIV - \frac{LCV}{2} = 0 + 742.16 - \frac{20}{2} = 0 + 732.16$$

$$\boldsymbol{EST\ PTV} = EST\ PIV + \frac{LCV}{2} = 0 + 742.16 + \frac{20}{2} = 0 + 752.16$$

9- Elevaciones

$$\boldsymbol{ELEV\ PCV} = ELEV\ PIV - p_1 * \frac{LCV}{2} = 218 - (-0.53\%) * \frac{20}{2} = 218.053\ m$$

$$\boldsymbol{ELEV\ PTV} = ELEV\ PIV + p_2 * \frac{LCV}{2} = 218 + (-1.30\%) * \frac{20}{2} = 217.87\ m$$

3.4.4.5. Diseño y cálculo de curva vertical en columpio (Cóncava descendente Tipo II)

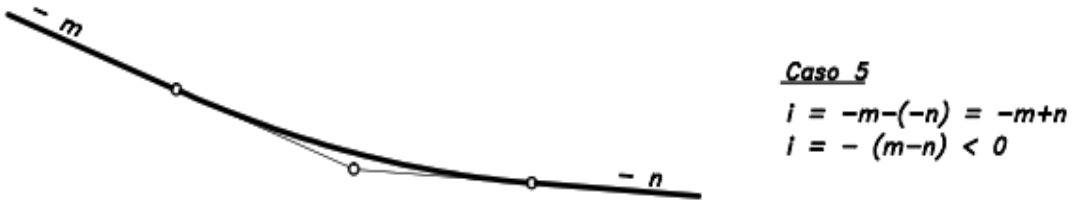
- Pendiente entrada: -1.60%
- Pendiente salida: -0.92%
- EST PVI: 4+723.38
- ELEV PVI: 161.882 m
- Longitud de curva: 30 m
- Velocidad de diseño: 50 Km/h

1- Diferencia algebraica de pendientes.

$$A = p1 - p2 = -1.60 - (-0.92) = 0.68\ \%$$

Mediante la diferencia algebraica de pendientes de entrada y salida se observa que se trata de una curva vertical cóncava descendente (Caso 5). (Diseño geométrico de carreteras, Cárdenas, J. 2013, p. 321.). (Ver figura 15, p.94).

Figura 15. Curva vertical cóncava descendente (Caso 5).



Fuente: Diseño geométrico de carreteras, (Cárdenas, J. 2013, p. 321.).

2- Parámetro K

$$K = \frac{L}{A} = \frac{30}{0.68} = 44.12 > 13\ (Cumple)$$

3- Longitud mínima de la curva vertical.

$$Lmin = Kmin * A = 13 * 0.68 = 8.84\ m < 30\ m\ (cumple)$$

4- Criterio de drenaje.

$$LCV \leq 50 * A\ ;\ LCV \leq 50 * 0.68\% = 34$$

$$30\ m < 34\ m$$

5- Criterio de comodidad.

Este criterio fundamenta la suspensión de la carrocería de los vehículos, el peso que mueve, flexibilidad de las llantas, esta operación confortable de vehículos se aplica para las curvas tipo columpio.

- $L \geq \frac{V^2 * A}{395} = \frac{50^2 * 0.68\%}{395} = 4.30\ m < 30\ m$

6- Longitud de la curva vertical mínima en cuanto distancia de parada.

El manual SIECA establece para curvas verticales en columpio una Longitud mínima en función de la distancia de parada y velocidad de diseño. Para el diseño de la curva vertical la distancia de visibilidad de parada es igual de 65 metros

- Cuando la Longitud de la curva es menor es menor que la distancia iluminada entonces:

$$Lmin = \frac{A * S^2}{120 + 3.5 * S}$$

Como nuestra longitud de curva es menor a la distancia iluminada (65m) entonces aplicamos este caso.

$$Lmin = \frac{0.68 * 65^2}{120 + 3.5 * 65} = 8.267$$

Con el resultado anterior concluimos que la curva cumple con este criterio mediante el siguiente valor LCV > Lp; 30 m > 8.26

7- Cálculo de estaciones.

$$\boldsymbol{EST\ PCV} = EST\ PIV - \frac{LCV}{2} = 4 + 723.38 - \frac{30}{2} = 4 + 708.38$$

$$\boldsymbol{EST\ PTV} = EST\ PIV + \frac{LCV}{2} = 4 + 723.38 + \frac{30}{2} = 4 + 738.38$$

8- Elevaciones.

$$\boldsymbol{ELEV\ PCV} = ELEV\ PIV - p_1 * \frac{LCV}{2} = 161.882 - (-1.60\%) * \frac{30}{2} = 162.122\ m$$

$$\boldsymbol{ELEV\ PTV} = ELEV\ PIV + p_2 * \frac{LCV}{2} = 161.882 + (-0.92\%) * \frac{30}{2} = 161.744\ m$$

Nota: Mediante el mismo procedimiento de cálculo y obtención de las estaciones PIV, se realizaron 4 curvas verticales a lo largo de los 6 Km del tramo, haciendo uso del Software Autodesk Civil3D, en base a la curvatura K, respetando el valor mínimo de 7 y 13 respectivamente, de las cuales 3 curvas pertenecen a la

categoría de curva convexa caso 3, (Ver figura 13, p. 86) y 1 curva cóncava caso 5 (Ver figura 14, p. 90). En cuanto a las fórmulas para el cálculo de las estaciones a partir del PIV, se obtienen en base a las ecuaciones del Libro Diseño geométrico para carreteras (Cárdenas Grisales, J, p.328). (Ver Anexo XXII, tabla 54.) En este apartado, se puede observar los detalles de cálculo de todas las curvas verticales pertenecientes al tramo.

3.4.5. Parámetros de diseño utilizados.

Tabla 39. Parámetros de diseño utilizados para el cálculo de alineamiento horizontal y vertical.

N°	Parámetros	Unidad de medida	Valores
1	Clasificación funcional	Colectora rural menor	
2	Ancho de derecho de vía	MTS	20
3	Velocidad de diseño	KPH	50
4	Velocidad de ruedo	KPH	47
5	Vehículo de diseño	TIPO	WB-15 (C3)
6	Peralte máximo	%	8
7	Radio de curvatura mínimo	MTS	73
8	Grado de curvatura máximo	G. Min. Seg	15°42´
9	Coeficiente de fricción lateral	GLB	0.19
10	Ancho de carril de rodamiento	MTS	3.3
11	Ancho total de rodamiento	Mts	6.6
12	Número de carriles de rodamiento	Unit.	2
13	Ancho de hombros	MTS	1.2
14	Ancho de acera	MTS	1
15	Pendiente transversal (Bombeo)	%	3
16	Pendiente transversal en hombros	%	3
17	Sobreanchos máximos en curva horizontal	MTS	1.4
18	Sobreanchos mínimos en curva horizontal	MTS	0.6
19	Máxima pendiente relativa	%	0.65
20	Valor K para curva en columpio	GLB	7
21	Valor K para curva en cresta	GLB	13
22	Pendiente máxima longitudinal	%	7
23	Pendiente mínima Longitudinal	%	0.5
24	Distancia de visibilidad de parada	MTS	65
25	Distancia de visibilidad de adelantamiento	MTS	345

Fuente: Elaborado por sustentantes.

3.5. Señalización vial.

En el presente estudio se presentará un resumen ejecutivo del diseño de señalización vial elaborado para el tramo Los Altos de Masaya – La Carbonera, el cual ha sido elaborado con la normativa vigente en materia de señalizaciones viales (Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito), Este diseño tiene como finalidad establecer con claridad y de manera precisa las condiciones de seguridad en dicho tramo, considerando además que la señalización vial cumple con la función de orientar a los usuarios de la vía mediante información sobre riesgos, indicaciones, advertencias, medidas preventivas necesarias para una circulación vial segura, tanto en las vías principales y secundarias del sector.

Para el siguiente diseño vial se implementarán las señalizaciones tanto horizontal como vertical aplicando el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, con el objetivo que los usuarios puedan transitar de manera fluida, cómoda y segura. Tanto la señalización horizontal como la vertical deben integrarse de manera coherente entre sí y con los demás elementos de la vía, tales como el trazado geométrico y el entorno, los cuales influyen de forma directa en la seguridad y comodidad de los usuarios.

3.5.1. Señalización Vertical

La señalización vertical está conformada por dispositivos de control de tránsito colocados al costado de la vía o suspendidos sobre ella, cuya función es comunicar mensajes claros a conductores y peatones mediante símbolos o textos. Estas señales permiten informar sobre la normativa de tránsito y vigente, advertir acerca de posibles riesgos existentes en la vía y su entorno, así como orientar y guiar a los usuarios respecto a rutas, denominación y localización de poblaciones, sitios de interés y servicios disponibles.

La propuesta de señalización vial vertical para el tramo Los Altos de Masaya – La carbonera se muestra a continuación (Ver Tabla 40, p.98).

3.5.1.1 Propuesta de señalización vial Vertical.

Tabla 40. Consolidado de señales verticales y propuesta

Número	Estación	Banda	Código	Descripción	Ilustración
1	0+005	Izquierda	R-1-1	Alto	 R-1-1
2	0+010	Derecha	R2-1	60 KPH Velocidad máxima.	 R-2-1

Número	Estación	Banda	Código	Descripción	Ilustración
3	0+020	Derecha	P-10-5	Maquinaria agrícola	 P-10-5
4	0+020	Izquierda	P-10-5	Maquinaria agrícola	 P-10-5
5	0+030	Derecha	P-9-12	Reductor de velocidad	 P-9-12
6	0+110	Derecha	P-1-2	Curva	 P-1-2

Número	Estación	Banda	Código	Descripción	Ilustración
7	0+255	Izquierda	P-2-1	Intersección de cruce en “X”	 P-2-1
8	0+300	Derecha	P-1-2	Curva	 P-1-2
9	0+360 – 0+465	Derecha	P 1-9	Delineadores	 P-1-9
10	0+600	Derecha	P-2-3	Intersección de cruce en “T”	 P-2-3

Número	Estación	Banda	Código	Descripción	Ilustración
11	0+720	Derecha	P-10-1	Zona pecuaria	
12	0+720	Izquierda	P-10-1	Zona pecuaria	
13	0+980	Derecha	P-2-3	Intersección de cruce en T	
14	0+990	Derecha	R-1-1	Alto	
15	1+060	Izquierda	R-1-1	Alto	

16	**1+080**	**Izquierda**	**P-2-3**	**Intersección de cruce en “T”**	 P-2-3
17	**1+110**	**Derecha**	**P-2-3**	**Intersección de cruce en “T”**	 P-2-3
18	**1+230**	**Derecha**	**P-1-5**	**Proximidad de 3 ó más curvas**	 P-1-5
19	**1+320**	**Izquierda**	**P-1-2**	**Curva**	 P-1-2

20	1+400-1+690	Izquierda	P-1-9	Delineadores	 P-1-9

Número	Estación	Banda	Código	Descripción	Ilustración
21	1+720	Izquierda	P-1-5	Proximidad de 3 ó más curvas	 P-1-5
22	1+940	Izquierda	P-1-5	Proximidad de 3 ó más curvas	 P-1-5
23	2+000	Derecha	P-2-3	Intersección de cruce en “T”	 P-2-3
24	2+010	Derecha	E-1-1	Zona escolar	

25	2+030	Derecha	P-9-12	Reductor de velocidad	
Número	**Estación**	**Banda**	**Código**	**Descripción**	**Ilustración**
26	2+040	Izquierda	P-10-1	Zona pecuaria	
27	2+060	Derecha	R-2-1	25 KMH velocidad máxima	
28	2+070	Izquierda	R-2-1	25KMH velocidad máxima	

29	**2+090**	**Izquierda**	**P-9-12**	**Reductor de velocidad**	
30	**2+110**	**Izquierda**	**E-1-1**	**Zona escolar**	
31	**2+190**	**Derecha**	**P-1-5**	**Proximidad de 3 ó más curvas**	
32	**2+550**	**Izquierda**	**P-1-5**	**Proximidad de 3 ó más curvas**	

33	2+550	Derecha	P-1-5	Proximidad de 3 ó más curvas	 P-1-5
Número	**Estación**	**Banda**	**Código**	**Descripción**	**Ilustración**
34	3+120	Derecha	P-2-3	Intersección de cruce en “T”	 P-2-3
35	3+140	Izquierda	P-2-3	Intersección de cruce en “T”	 P-2-3
36	3+155	Derecha	P-2-1	Intersección de cruce en “X”	 P-2-1

37	**3+160**	**Izquierda**	**P-1-5**	**Proximidad de 3 ó más curvas**	
38	**3+320**	**Izquierda**	**P-1-2**	**Curva**	
39	**3+500**	**Derecha**	**P-2-1**	**Curva**	
40	**3+660**	**Derecha**	**P-2-1**	**Curva**	

41	3+835	Derecha	P 1-9	Delineadores	 P-1-9
42	4+170	Derecha	P-1-2	Curva	 P-1-2
43	4+400	Derecha	P-1-2	Curva	 P-1-2
Número	**Estación**	**Banda**	**Código**	**Descripción**	**Ilustración**
44	4+570	Izquierda	P-1-5	Proximidad de 3 o más curvas	 P-1-5

45	**4+740**	**Derecha**	**P-1-5**	**Proximidad de 3 o más curvas**	
46	**4+600**	**Derecha**	**P-6-1**	**Proximidad de pendiente**	
47	**4+710**	**Izquierda**	**P-6-1**	**Proximidad de pendiente**	
48	**4+850**	**Izquierda**	**P-1-2**	**Curva**	
49	**4+970 – 5+145**	**Izquierda**	**P-1-9**	**Delineador**	

50	5+210-5+435	Derecha	P-1-9	Delineadores	 P-1-9
Número	**Estación**	**Banda**	**Código**	**Descripción**	**Ilustración**
51	5+700	Izquierda	P-1-2	Curva	 P-1-2
52	5+750-5+830	Izquierda	P-1-9	Delineadores	 P-1-9
53	5+570	Derecha	P-1-5	Proximidad de 3 o más curvas”	 P-1-5
54	5+860	Izquierda	P-1-5	Proximidad de 3 o más curvas	 P-1-5

Todas estas propuestas de señales verticales deben de cumplir con el parámetro de zonas rurales siendo el estipulado de tener una distancia mínima de 1.80 metros desde el borde del carril más extremo hasta la proyección vertical del borde más cercano de la señal. Durante el reconocimiento de campo y el análisis de las características funcionales de la vía, se identificó una circulación de vehículos agrícolas y cruce de ganado propios de las actividades productivas de la zona, por lo que se propuso la instalación de señales preventivas de vehículos agrícolas **(P-10-5)** en la estación **0+020** de ambas bandas, asimismo la de Zona pecuaria **(P-10-1)** en las estaciones **0+720 y 2+040** igual en ambas bandas. De igual manera, se consideró necesaria la colocación de señales preventivas de curva **(P-1-2) Y (P-1-5)** antes de las curvas simples identificadas en el diseño geométrico, debido a los cambios de alineamiento horizontal y las condiciones de visibilidad existentes, En el caso de la señalización **P-1-5** es la aproximación de 3 o más curvas.

La incorporación de señales de alto **(R-1-1)** y señalización preventiva de intersecciones **(P-2-3)** justamente en la estación **1+000** tiene como finalidad regular el tránsito vehicular, advertir oportunamente a los conductores sobre la proximidad de cruces y reducir la probabilidad de accidentes ocasionados por maniobras inseguras o incorporaciones inesperadas.

Se propuso las señalizaciones de delineadores bajo el código (**P-1-9)** del Manual SIECA para el control de dispositivos, en las curvas donde la geometría del alineamiento presenta cambios de dirección perceptibles y radios que demandan esfuerzo en la guía visual del conductor proveyendo lectura óptica de la trayectoria en condiciones nocturnas o en casos de visibilidad reducida favoreciendo una conducción más segura. Las curvas donde se propusieron estos delineadores se encuentran en la siguiente tabla (Tabla 41, p.112). mostrando espaciamiento, lado de colocación y cantidad de delineadores.

Tabla 41. Colocación de delineadores Chevron en el tramo Altos de Masaya – La carbonera.

Radio	Lado de colocación	Espaciado	Estaciones propuestas	Cantidad
150 m	Derecho	15 m	0+360, 0+375, 0+390, 0+405, 0+420, 0+435, 0+450, 0+465, 0+480+495	10
400 m	Izquierdo	25 m	1+400, 1+425, 1+450, 1+475, 1+500, 1+525, 1+550, 1+575, 1+600, 1+625, 1+650, 1+675,1+690	13
500 m	Derecho	25 m	3+835, 3+860, 3+885, 3+910, 3+935, 3+960, 3+985, 4+010	8
500 m	Izquierdo	25 m	4+970, 4+995, 5+020, 5+045, 5+070, 5+095, 5+120, 5+145	8
500 m	Derecho	25 m	5+210, 5+235, 5+260, 5+285, 5+310, 5+335, 5+360, 5+385, 5+410, 5+435	10
200 m	Izquierdo	20 m	5+750, 5+770, 5+790, 5+810, 5+830	5

Fuente: Elaborado por sustentantes.

3.5.2. Señalización Horizontal

Este tipo de señalización permiten orientar a los conductores dentro de los espacios asignados para la circulación, indicar los movimientos permitidos mediante flechas direccionales, señalar pasos peatonales y advertir sobre restricciones de espacio. Su importancia se incrementa especialmente en aquellos tramos donde no se permita el adelantamiento de vehículos, como ocurre en el tramo analizado en el presente estudio. Para que la señalización horizontal cumpla adecuadamente su función, es indispensable que mantenga uniformidad en cuanto a dimensiones, diseño, símbolos, tipografía, colores, condiciones de uso y tipo de material empleado. Las marcas viales deben ser reflectantes o contar con iluminación adecuada, con excepción de los pasos peatonales tipo cebra.

3.5.2.1. Clasificación de las señalizaciones Horizontales

Se clasifican en marcas longitudinales y transversales y otros tipos de dispositivos como los reductores de velocidad y las marcas viales.

Tabla 42. Clasificación de señalizaciones horizontales.

Líneas Longitudinales	**Líneas de eje central**	Línea de eje central continuas
		Línea de eje central discontinuas
		Líneas de eje continuas dobles
		Líneas de eje central combinadas
	Líneas de borde o calzada	Líneas de borde o calzada continuas
		Líneas de borde o calzada discontinuas
Líneas Transversales	**Cruce controlado por señal CEDA EL PASO**	Línea de “Ceda el paso”
	Cruce controlado por señal PARE	Línea de “Pare”
	PASO POR PEATONES	Paso Cebra
	Cruce de ciclovías	Paso de ciclistas
	Flechas	Flecha recta
		Flecha de viraje
		Flecha recta y de salida
		Flecha de incorporación
	Leyendas	Pare
		Velocidad máxima
		Escuela
		Estacionamiento
		Buses
Otros	**Reductores de velocidad**	Policía acostado / Dormido

Fuente**:** Manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito, (SIECA 2011) Cap. 3

3.5.2.2. Propuesta de señalizaciones Horizontales.

Tabla 43. Señalización horizontal en el tramo Altos Masaya – La carbonera.

Señales horizontales para la banda izquierda			Señales horizontales para la banda derecha		
Estacion	**Propuesta**	**Ejemplo**	**Estacion**	**Propuesta**	**Ejemplo**
1+000	Flecha direccional		1+055	Flecha direccional	
2+100	Señal de Escuela		2+020	Señal de Escuela	
2+040	Reductor de velocidad		2+040	Reductor de velocidad	
2+050	Pase de Cebra		2+050	Pase de Cebra	
2+080	Reductor de velocidad		2+080	Reductor de velocidad	

Fuente: Elaborado por sustentantes.

Basado en el reconocimiento del tramo de estudio, y en la necesidad de la población para garantizar su seguridad se han propuesto las señales y elementos de tránsito referidas anteriormente para poder garantizar el uso adecuado de el diseño geométrico, cada tipo de señalización ha sido ubicada estratégicamente de acuerdo con las condiciones del entorno y la funcionalidad requerida, conforme a buenas prácticas de ingeniería de tránsito. Las señales de pase de cebra y reductor de velocidad al ser señales que se encuentran dentro de todo el ancho de la calle se encuentran en la misma estación ya sea del sentido de ida o de regreso y por lo tanto se repiten en las tablas, pero se consideran como una sola.

La incorporación de la señal “Escuela” responde a la presencia de instituciones educativas, donde existe alta afluencia de niños, lo que requiere advertir oportunamente a los conductores para que incrementen su nivel de atención y reduzcan la velocidad. En complemento, la demarcación de velocidad máxima de 25 km/h establece un control claro sobre la circulación vehicular en zonas críticas, contribuyendo a disminuir la severidad de posibles accidentes y mejorar el tiempo

de reacción ante imprevistos. Asimismo, la implementación de reductores de velocidad tipo “policía acostado” garantiza de manera física la disminución de la velocidad en puntos estratégicos donde la señalización por sí sola podría no ser suficiente, reforzando así el control del tránsito. Por otro lado, los pasos de cebra permiten ordenar y priorizar el cruce peatonal, incrementando su visibilidad y reduciendo los conflictos entre peatones y vehículos.

La mayoría de estas señalizaciones horizontales fueron propuestas haciendo un énfasis en la presencia de una institución educativa, donde residen principalmente infantes quienes son el futuro del país nicaragüense, por lo tanto, estas señales permiten tanto a los estudiantes como a los padres de familias y personal laboral que circulen con el menor riesgo posible. El paso de cebra es para mantener el orden y el sistema del diseño geométrico, acompañándose con reductores de velocidad, que se encuentran tanto antes como después de la escuela, para así poder brindar un mayor tiempo de acción a los peatones para cruzar adecuadamente, los cuales a su vez colaboran en conjunto con las señales verticales como la reducción de velocidad con un límite máximo de 25km/h.

Tabla 44. Líneas continuas y discontinuas.

DEMARCACION LONGITUDINAL - LINEAS CONTINUAS / DISCONTINUAS		
EST. INICIO	EST. FINAL	TIPO DE LINEA
0+000	0+640	CONTINUA
0+640	0+740	DISCONTINUA
0+740	0+860	CONTINUA
0+860	0+980	DISCONTINUA
0+980	1+020	CONTINUA
1+020	1+030	APERTURA A INTERSECCION
1+030	1+690	CONTINUA
1+690	1+830	DISCONTINUA
1+830	2+100	CONTINUA
2+100	2+220	DISCONTINUA
2+220	2+530	CONTINUA
2+530	2+790	DISCONTINUA
2+790	3+310	CONTINUA
3+310	3+480	DISCONTINUA
3+480	4+020	CONTINUA
4+020	4+200	DISCONTINUA
4+200	4+270	CONTINUA
4+270	4+430	DISCONTINUA
4+430	4+560	CONTINUA
4+560	4+760	DISCONTINUA
4+760	6+000	CONTINUA

Para la propuesta de señalización horizontal mediante líneas continuas y discontinuas en el tramo evaluado se fundamenta en los criterios técnicos establecidos en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, en lo referente a la regulación de maniobras de adelantamiento y la seguridad vial. Las líneas longitudinales cumplen una función esencial en la organización del tránsito, donde las líneas discontinuas permiten su cruce cuando las condiciones son seguras, mientras que las líneas continuas restringen esta maniobra, indicando prohibición de adelantamiento en tramos críticos (SIECA, 2014, Cap. 3, pag-18). En este sentido, la propuesta responde a un análisis de las condiciones geométricas del tramo, en el cual se han identificado sectores con limitaciones de visibilidad, tales como curvas horizontales y verticales, donde se ha dispuesto el uso de línea continua para evitar maniobras riesgosas.

las zonas de adelantamiento prohibido deben implementarse en aquellos segmentos donde la distancia de visibilidad no garantiza una maniobra segura, incluyendo curvas, cambios de rasante y otros puntos que representen peligro para los usuarios (SIECA, 2014, Cap. 3 pag-18). Asimismo, se recomienda que estas zonas tengan longitudes suficientes, generalmente mayores a 150 metros, con el fin de asegurar su efectividad y correcta percepción por parte del conductor. Bajo este criterio, la tabla propuesta establece tramos continuos en sectores críticos previamente identificados mediante el reconocimiento del terreno.

Por otro lado, en los tramos donde las condiciones geométricas permiten una adecuada visibilidad y no existen restricciones significativas, se ha propuesto la implementación de líneas discontinuas, las cuales habilitan el adelantamiento de forma controlada. Esta disposición se sustenta en que la demarcación debe adaptarse a la distancia de visibilidad disponible y a la velocidad de operación de la vía, permitiendo maniobras seguras cuando dichas condiciones lo permiten (SIECA, 2014, Cap. 3 pag-20).

3.6. Registro de reportes técnicos y elaboración de planos.

Como parte del presente trabajo monográfico, se elaboró un conjunto de planos correspondientes al diseño geométrico del tramo en estudio, incluyendo planos en planta, perfil longitudinal y secciones transversales, así como un plano en planta con la propuesta de señalización vial a lo largo del tramo. De igual manera, se generó un conjunto de reportes técnicos que contienen la definición y evaluación de los parámetros geométricos horizontales y verticales del proyecto.

Debido a la alta cantidad de planos y reportes técnicos generados, se ha dispuesto la inclusión de nueve (9) planos representativos, los cuales evidencian los principales elementos geométricos del diseño horizontal, vertical y transversal con sus respectivos parámetros, así como los planos que reflejan la señalización vial propuesta. (Ver Anexo, p. XXXII). La cantidad total de los planos, junto con los reportes técnicos, se dispone en formato digital, accesible en el siguiente código QR.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- Se realizó el levantamiento topográfico sobre el tramo Los Altos de Masaya – La carbonera utilizando un receptor GNSS para el establecimiento de los BM y estación total Leica TS-09 para su corrección garantizando precisión en futuros replanteos, así mismo se usó para el levantamiento total de los 6 km cada 20 metros. Se establecieron puntos auxiliares a lo largo del tramo en postes y árboles para cambios de estación con un total de 68 con el fin de mejorar la visibilidad en la obtención de datos. Se obtuvo un total de 1804 puntos los cuales fueron importados al programa Autodesk Civil3D para el análisis de pendiente en planta y en perfil longitudinal con valores del 0 al 5% en su mayoría seguido del 5% al 10% catalogando el terreno como plano.

- El estudio de tránsito realizado en el tramo Los Altos de Masaya – La Carbonera, mediante la ejecución de aforos vehiculares durante tres días consecutivos (martes, miércoles, jueves) determino una tipología vehicular predominante por vehículos livianos con un 95% y 5% de vehículos pesados, determinando un TPDA actual de 540 veh/día, mediante los factores de ajuste de la EMC 1802 (San Marcos – Masatepe), con una composición vehicular predominante de vehículos livianos 94% y un 6% de vehículos pesados, donde el vehículo más recurrente fue el C3, estableciéndolo como vehículo de diseño para nuestro tramo.

  Mediante registros históricos proporcionados por el Anuario de Aforos de tráfico, Anuario estadístico del banco central de Nicaragua y anuarios estadísticos del INIDE, se obtuvo una tasa de crecimiento de 5.609% mediante la cual se hizo la proyección de tránsito del TPDA a 20 años según nuestro tipo de carretera a diseñar, dando un valor de 1700 Veh/día.

- El diseño geométrico del tramo Altos Masaya- La carbonera, se usaron los parámetros normativos del SIECA (2011) y AASHTO (2011); para la definición horizontal se usaron los siguientes; Clasificación funcional de la carretera = Colectora menor rural, ancho de carril = 3.30 metros, hombros = 1.20 m, acera = 1 metro, velocidad de diseño= 50 km/h, Peralte máximo de diseño = 8%, coeficiente de fricción lateral = 0.19, Radio mínimo de curva = 73 m, grado de curvatura máximo = 15°42´ y pendiente transversal de bombeo del 3%. Para el alineamiento vertical se diseñó respetando el valor mínimo K para curvas en cresta y columpio siendo de 7 y 13 con distancia de visibilidad de parada de 65 m.

  Una vez definido los parámetros para el alineamiento horizontal y vertical y ancho de la sección transversal de la carretera en base a las normativas mencionadas; a partir de la importación de los puntos topográficos al Software Civil3D, se creó una superficie en la cual, se realizó el alineamiento horizontal, perfil longitudinal y su alineamiento vertical, y secciones transversales con líneas de muestreo cada 10 metros y cada 5 metros en curvas. La carretera obtuvo un total de 29 curvas horizontales simples al tener radios mayores de 148 metros lo cual le permite prescindir de transiciones. En el alineamiento vertical se obtuvieron 3 curvas verticales en cresta y 1 en columpio.

- La propuesta de señalización vial, tanto horizontal como vertical, fue desarrollado conforme a lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2014), permitiendo definir un sistema integral de regulación, advertencia e información para los usuarios de la vía. La adecuada ubicación de estas señalizaciones, en conjunto con criterios de visibilidad y percepción del conductor y peatones, contribuye a mejorar la seguridad vial, optimizar la operación del tránsito y reducir posibles conflictos.

4.2. Recomendaciones.

- Para obtener una mayor precisión en el levantamiento topográfico, se recomienda establecer 2 puntos GNSS al final del tramo de estudio, complementados con una red de bancos de nivel (BM). Esta configuración permitirá mejorar la exactitud de datos obtenidos y garantizar un mejor control en todo el proceso de medición. Así mismo, se sugiere que los cambios de estación no superen los 150 metros de distancia, ya que mantener distancias menores, permite mejorar la visibilidad del objetivo y la correcta focalización del equipo.
- Realizar aforos vehiculares constantes en el tramo Altos Masaya – La carbonera, para obtener un registro detallado y análisis del comportamiento del tránsito, lo cual representa un incremento en el volumen vehicular en el período de diseño e incidir directamente en las condiciones de operación.
- Desarrollar un estudio geotécnico y un diseño de ejes equivalentes (ESAL´S) que permitan definir espesor, así como la selección de la carpeta de rodamiento adoptada en el tramo por el método de la AASHTO 93. De igual manera, se sugiere la realización de estudios hidrológicos e hidráulicos para el adecuado dimensionamiento de la cuneta seleccionada, debido a que la cuneta y espesores fueron seleccionadas de manera referencial y académica.
- Se recomienda prever, en futuras etapas del proyecto, la implementación de bahías para transporte público en puntos estratégicos del tramo, considerando que el mejoramiento de la vía puede inducir un incremento en la demanda de transporte colectivo. Se sugiere la colocación de sistemas de contención vehicular (vallas de seguridad) en zonas críticas identificadas en el diseño geométrico, tales como curvas horizontales de radio reducido, pendientes pronunciadas o tramos con riesgos de salida de vía, con el fin de incrementar los niveles de seguridad vial conforme a las proyecciones de tránsito. Todas las marcas en el pavimento deben mantenerse en todo momento en buenas condiciones para asegurar su legibilidad, visibilidad y reflectorización.

V. BIBLIOGRAFIA.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). A policy on geometric design of highways and streets (6th ed.). Washington, D.C.: AASHTO.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *A policy on geometric design of highways and streets* (7th ed.). Washington, D.C.: AASHTO.

Agudelo Ospina, J. J. (2002). *Diseño geométrico de vías.* Colombia: Agudelo Ospina.

Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras* (2.ª ed.). Bogotá: ECOE Ediciones.

Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones (9.ª ed.). Alfaomega, México.

Gámez Morales, W. R. (2010). Texto básico auto-informativo de topografía general. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2021). *Anuario estadístico del sector transporte 2020.* Nicaragua: MTI.

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2011). *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras* (3.ª ed.). Guatemala: SIECA

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2011). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito.* Guatemala: SIECA.

Salinas, P. J. (1993). *Metodología de la investigación científica*. Univ. de Los Andes. Venezuela: Salinas, P. J.

Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2016). Topografía (14.ª ed.). Alfaomega, México.

VI. ANEXOS

VI. ANEXOS.

Figura 16. Situación actual del terreno.



Inicio del tramo EST 0+000



Tramo de camino



Tramo de camino con forestación



Intersección de caminos.

Fuente: Levantado por sustentantes





Tramo de camino con mantenimiento previo realizado



Final del tramo EST: 6+000

Fuente: Levantado por sustentantes.

Figura 17. Levantamiento topográfico de 6km tramo Altos Masaya – La carbonera.





Fuente: Levantado por sustentantes

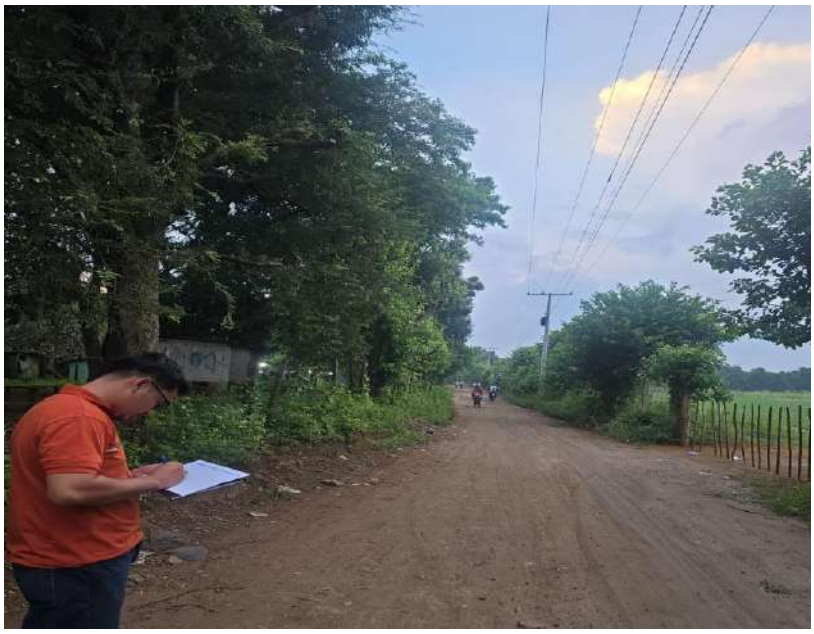
Dispositivo GNSS utilizado para la colocación de puntos GPS-1 / GPS-2



Fuente: Levantado por sustentantes

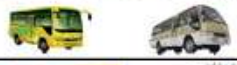
Figura 18. Ejecución de aforo vehicular estación 0+000 del tramo Altos de Masaya – La carbonera.





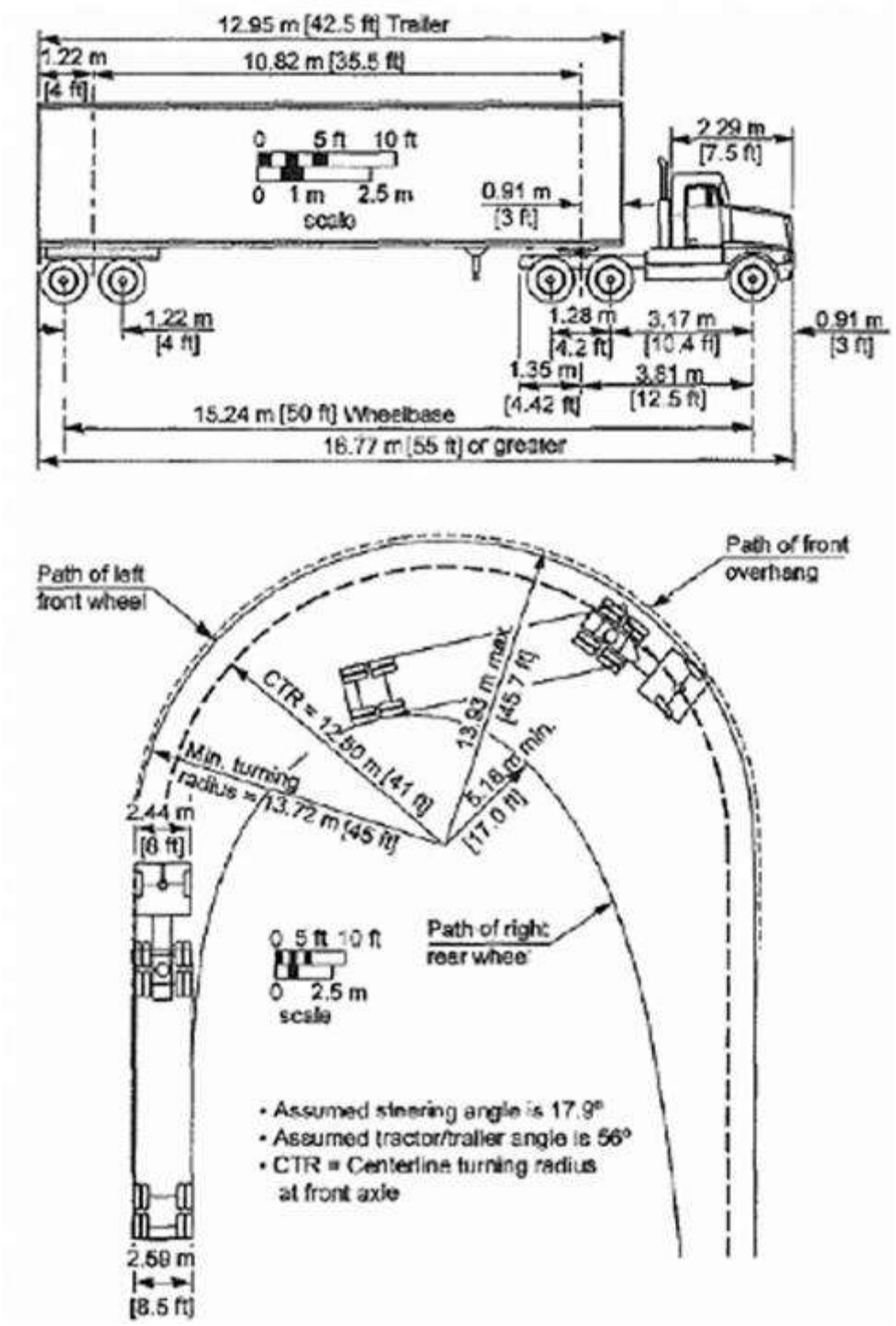
Fuente: Levantado por sustentantes

Tabla 45. Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadraciclos,Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasejeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. Tambien se incluyen las fugonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos **(Tractores - Arados - Cosechadoras)**
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, **Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.**
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, tambien se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Oficina de diagnóstico y evaluación de pavimentos y puentes/ División de administración vía. (p.28).

Figura 19. Dimensiones y trayectoria de giro del vehículo de diseño (WB-15).



Fuente: Manual centroamericano para diseño geométrico de carreteras. (SIECA, 2011, p.408)

Tabla 46. Peralte de diseño (Ed) en función de radio de curva horizontal propuesto para el cálculo de longitud de transición.

PERALTE RECOMENDADO, LONGITUD DE TRANSICIÓN Y DISTANCIA DE BOMBEO

e máximo = 8.0% B.N. = 3.0% ANCHO DE CALZADA = 7.20 m

RADIO	20 KPH		1:125	RADIO	30 KPH		1:133	RADIO	40 KPH		1:143	RADIO	50 KPH		1:150	RADIO	60 KPH		1:167
	e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db
187	B.N.			443	B.N.			784	B.N.			1090	B.N.			1490	B.N.		
136	2.0	11		322	2.0	17		571	2.0	22		791	2.0	28		1090	2.0	34	
122	2.2	11		288	2.2	17		512	2.2	22		711	2.2	28		976	2.2	34	
111	2.4	11		261	2.4	17		463	2.4	22		644	2.4	28		885	2.4	34	
101	2.6	12		237	2.6	17		421	2.6	22		587	2.6	28		808	2.6	34	
92	2.8	13		216	2.8	17		385	2.8	22		539	2.8	28		742	2.8	34	
84	3.0	14	14	199	3.0	17	17	354	3.0	22	22	496	3.0	28	28	684	3.0	34	34
77	3.2	15	14	183	3.2	17	16	326	3.2	22	21	458	3.2	28	26	633	3.2	34	32
73	3.4	15	13	168	3.4	17	15	302	3.4	22	19	425	3.4	28	25	588	3.4	34	30
66	3.6	16	13	155	3.6	17	14	279	3.6	22	18	395	3.6	28	23	548	3.6	34	28
61	3.8	17	13	141	3.8	18	14	259	3.8	22	17	368	3.8	28	22	512	3.8	34	27
56	4.0	18	14	133	4.0	18	14	241	4.0	22	17	344	4.0	28	21	479	4.0	34	26
52	4.2	19	14	123	4.2	19	14	224	4.2	22	16	321	4.2	28	20	449	4.2	34	24
47	4.4	20	14	112	4.4	21	14	208	4.4	22	15	301	4.4	28	19	421	4.4	34	23
42	4.6	21	14	104	4.6	22	14	192	4.6	24	16	281	4.6	28	18	395	4.6	34	22
37	4.8	22	14	95	4.8	23	14	178	4.8	24	15	263	4.8	28	18	371	4.8	34	21
34	5.0	22	13	85	5.0	24	14	163	5.0	26	16	246	5.0	28	17	349	5.0	34	20
30	5.2	23	13	77	5.2	25	14	148	5.2	27	16	229	5.2	29	17	328	5.2	34	20
27	5.4	24	13	69	5.4	26	14	136	5.4	28	16	213	5.4	30	17	307	5.4	34	19
24	5.6	24	13	63	5.6	27	14	125	5.6	29	16	198	5.6	31	17	288	5.6	34	18
22	5.8	23	12	58	5.8	28	14	115	5.8	30	16	185	5.8	32	17	270	5.8	35	18
20	6.0	22	11	54	5.9	28	14	106	6.0	31	16	172	6.0	33	17	253	6.0	36	18
19	6.2	21	10	53	6.0	29	15	98	6.2	32	15	161	6.2	34	16	238	6.2	37	18
17	6.4	20	9	49	6.2	30	15	95	6.2	32	15	151	6.4	35	16	224	6.4	39	18
16	6.6	20	9	45	6.4	31	15	91	6.4	33	15	148	6.5	36	17	213	6.6	40	18
15	6.8	19	8	42	6.6	31	14	84	6.6	34	15	141	6.6	37	17	210	6.6	40	18
14	7.0	18	8	38	6.8	30	13	78	6.8	35	15	132	6.8	38	17	198	6.8	41	18
12	7.2	17	7	36	7.0	29	12	72	7.0	36	15	123	7.0	39	17	185	7.0	42	18
11	7.4	16	6	33	7.2	28	12	66	7.2	37	15	115	7.2	40	17	174	7.2	43	18
10	7.6	15	6	30	7.4	27	11	62	7.4	38	15	107	7.4	41	17	162	7.4	45	18
9	7.8	15	6	28	7.6	26	10	57	7.6	39	15	99	7.6	42	17	150	7.6	46	18
8	8.0	15	6	25	7.8	24	9	52	7.8	40	15	90	7.8	43	17	137	7.8	47	18
7	8.0	13	5	20	8.0	22	8	41	8.0	41	15	73	8.0	44	17	113	8.0	48	18

PERALTE MAXIMO = 8.0%

Tabla 47. Formato para conteo de tránsito vehicular por día.

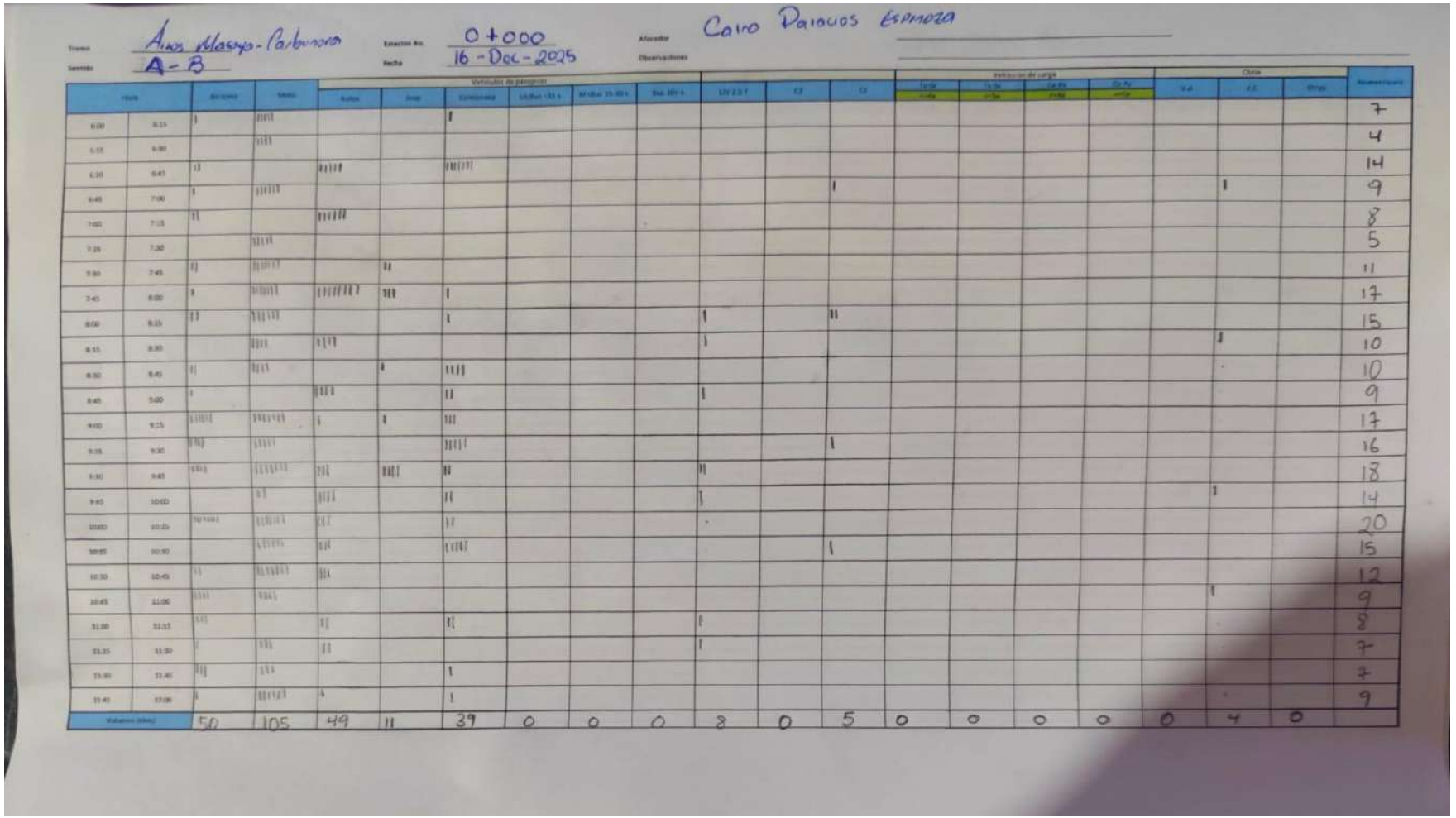
Tramo _____ Estacion N° _____ Aforador _____

Sentido _____ Fecha _____

Hora		Bicicleta	Moto	Vehiculo de pásajeros						Vehiculos de carga				Equipo pesado			Volumen (Horario).
				Autos	Jeep	Camioneta	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Tx-Sx <=4e	Tx-Sx >=5e	Cx-Rx <=4e	Cx-Rx >=5e	V.A	V.C	Otros	
06:00	06:15																
06:15	06:30																
06:30	06:45																
06:45	07:00																
07:00	07:15																
07:15	07:30																
07:30	07:45																
07:45	08:00																
08:00	08:15																
08:15	08:30																
08:30	08:45																
08:45	09:00																
09:00	09:15																
09:15	09:30																
09:30	09:45																
09:45	10:00																
10:00	10:15																
10:15	10:30																
10:30	10:45																
10:45	11:00																
11:00	11:15																
11:15	11:30																
11:30	11:45																
11:45	12:00																
12:00	12:15																
12:15	12:30																
12:30	12:45																
12:45	13:00																
13:00	13:15																
13:15	13:30																
13:30	13:45																
13:45	14:00																
14:00	14:15																
14:15	14:30																
14:30	14:45																
14:45	15:00																
15:00	15:15																
15:15	15:30																
15:30	15:45																
15:45	16:00																
16:00	16:15																
16:15	16:30																
16:30	16:45																
16:45	17:00																
17:00	17:15																
17:15	17:30																
17:30	17:45																
17:45	18:00																
Volumen (12 Hrs)																	

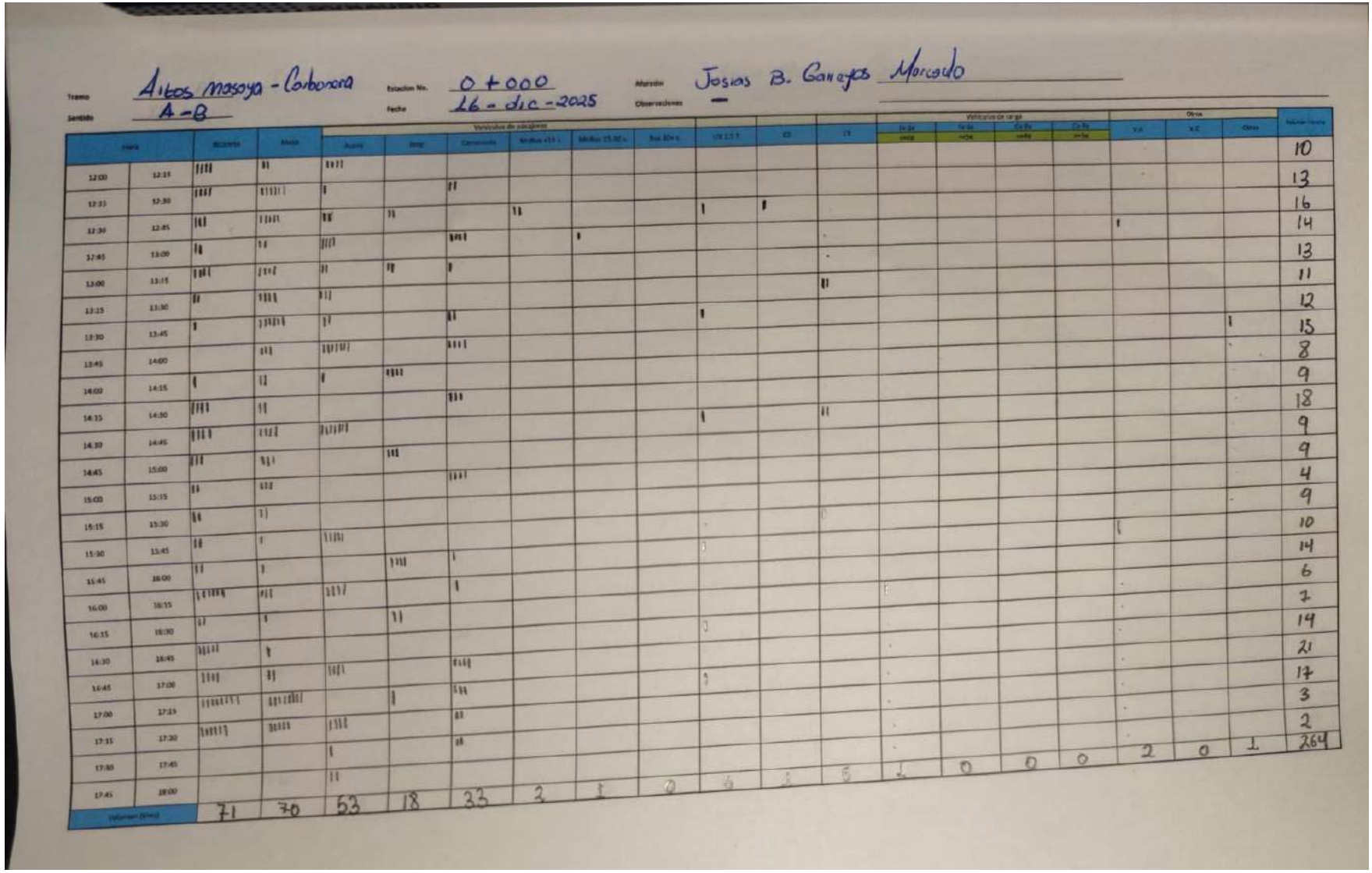
Fuente: Anuario de aforos de tráfico MTI, 2020. (p.323).

Tabla 48. Aforo Vehicular DIRECCION A-B (martes 16 de diciembre 2025)



Tramo: Anos Mazapa - Parbuaro
Sentido: A-B
Estacion No.: 0+000
Fecha: 16-Dic-2025
Aforador: Cairo Palacios Espinoza
Observaciones:

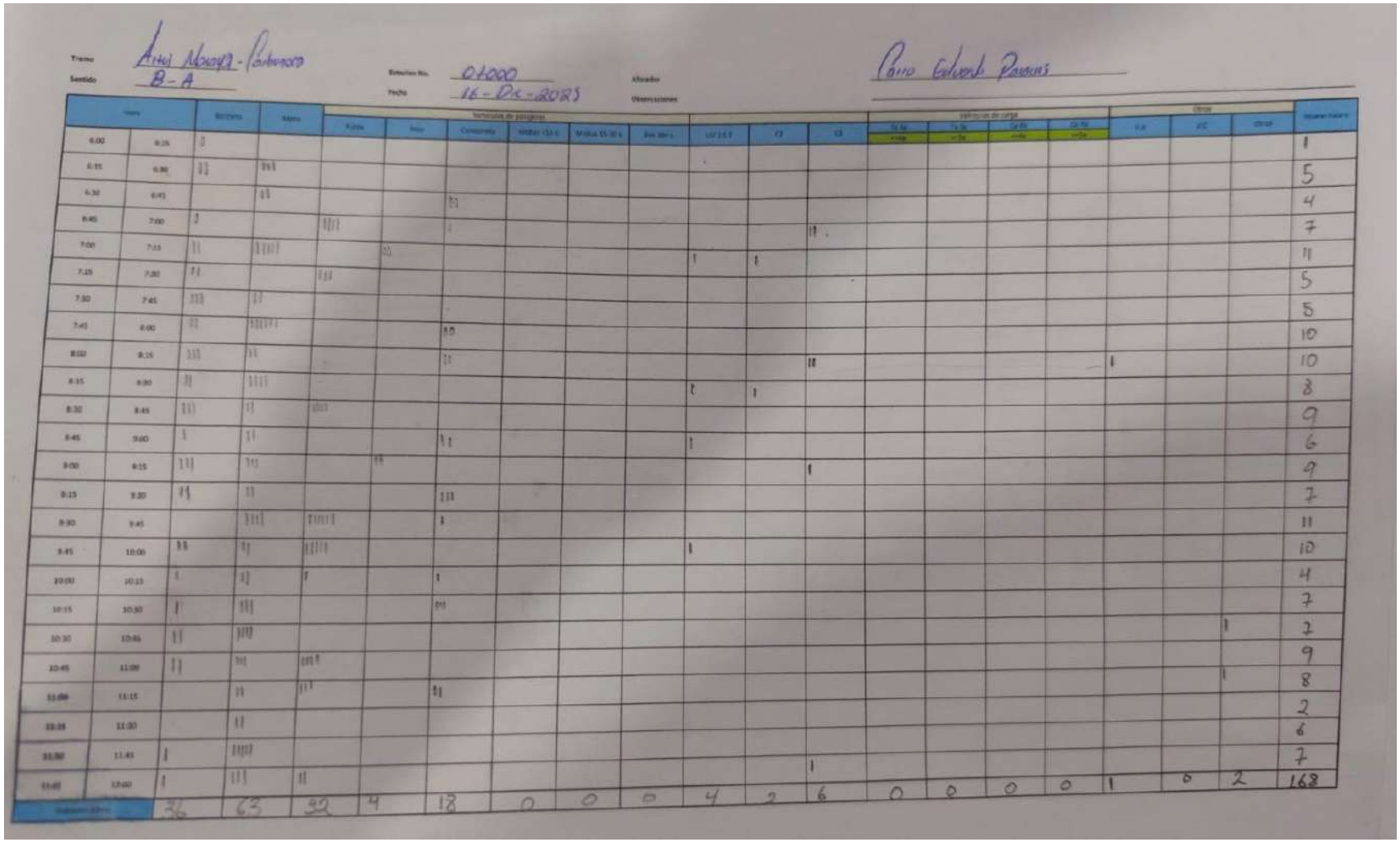
Hora		Bicicletas	Motos	Vehículos de pasajeros: Autos	Buses	Camionetas	Subtotal			Vehículos de carga:				Otros			Acumulado horario
6:00	6:15	1				1											7
6:15	6:30																4
6:30	6:45																14
6:45	7:00											1			1		9
7:00	7:15																8
7:15	7:30																5
7:30	7:45																11
7:45	8:00																17
8:00	8:15																15
8:15	8:30																10
8:30	8:45																10
8:45	9:00																9
9:00	9:15																17
9:15	9:30																16
9:30	9:45																18
9:45	10:00																14
10:00	10:15																20
10:15	10:30																15
10:30	10:45																12
10:45	11:00																9
11:00	11:15																8
11:15	11:30																7
11:30	11:45																7
11:45	12:00																9
Volumen (Veh/h)		50	105	49	11	39	0	0	0	8	0	5	0	0	0	0	0	4	0	



Tramo: Altos Mosoja - Carbonera
Sentido: A-B
Estación No.: 0+000
Fecha: 16-dic-2025
Aforador: Josias B. Garreyos Mercado
Observaciones: —

Hora		Bicicleta	Moto	Vehículos de pasajeros						Vehículos de carga			Otros			Volumen Horario
				Auto	Jeep	Camioneta	Micro 15 t	Micro 15-30 t	Bus 30+ t	C2	C3	C4	V.A	V.C	Otros	
12:00	12:15	4	2	3												10
12:15	12:30	4	5	1		2										13
12:30	12:45	3	4	2	1		1			1	1					16
12:45	13:00	2	2	4		4		1					1			14
13:00	13:15	4	4	2	2	1						2				13
13:15	13:30	2	4	3												11
13:30	13:45	1	3	1		2				1					1	12
13:45	14:00		3	5		4										15
14:00	14:15	2	3	1	4											8
14:15	14:30	4	2			3				1		2				9
14:30	14:45	4	4	5												18
14:45	15:00	3	3		3											9
15:00	15:15	2	3			4										9
15:15	15:30	2	1													4
15:30	15:45	2	1	4									1			9
15:45	16:00	2	1		3	1										10
16:00	16:15	4	3	5		1										14
16:15	16:30	2	1		2											6
16:30	16:45	5	2													7
16:45	17:00	4	4	4		3				1						14
17:00	17:15	6	5		1	4										21
17:15	17:30	5	5	3		3										17
17:30	17:45			1												3
17:45	18:00			2												2
Volumen (Vhr)		71	70	53	18	33	1	1	0	3	1	5	1	0	0	0	2	0	1	264

Tabla 49. Aforo Vehicular DIRECCION B-A (martes 16 de diciembre 2025)



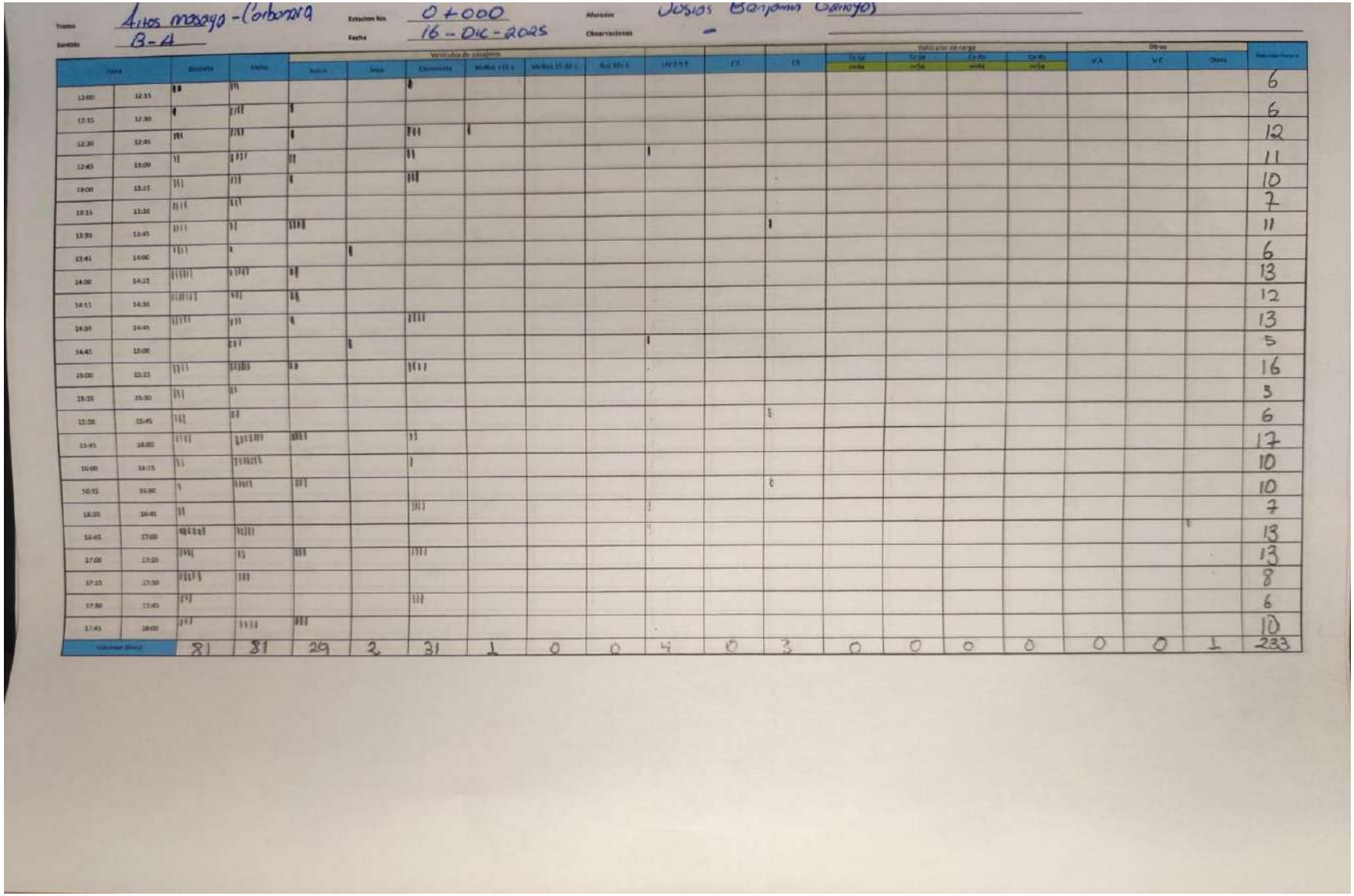
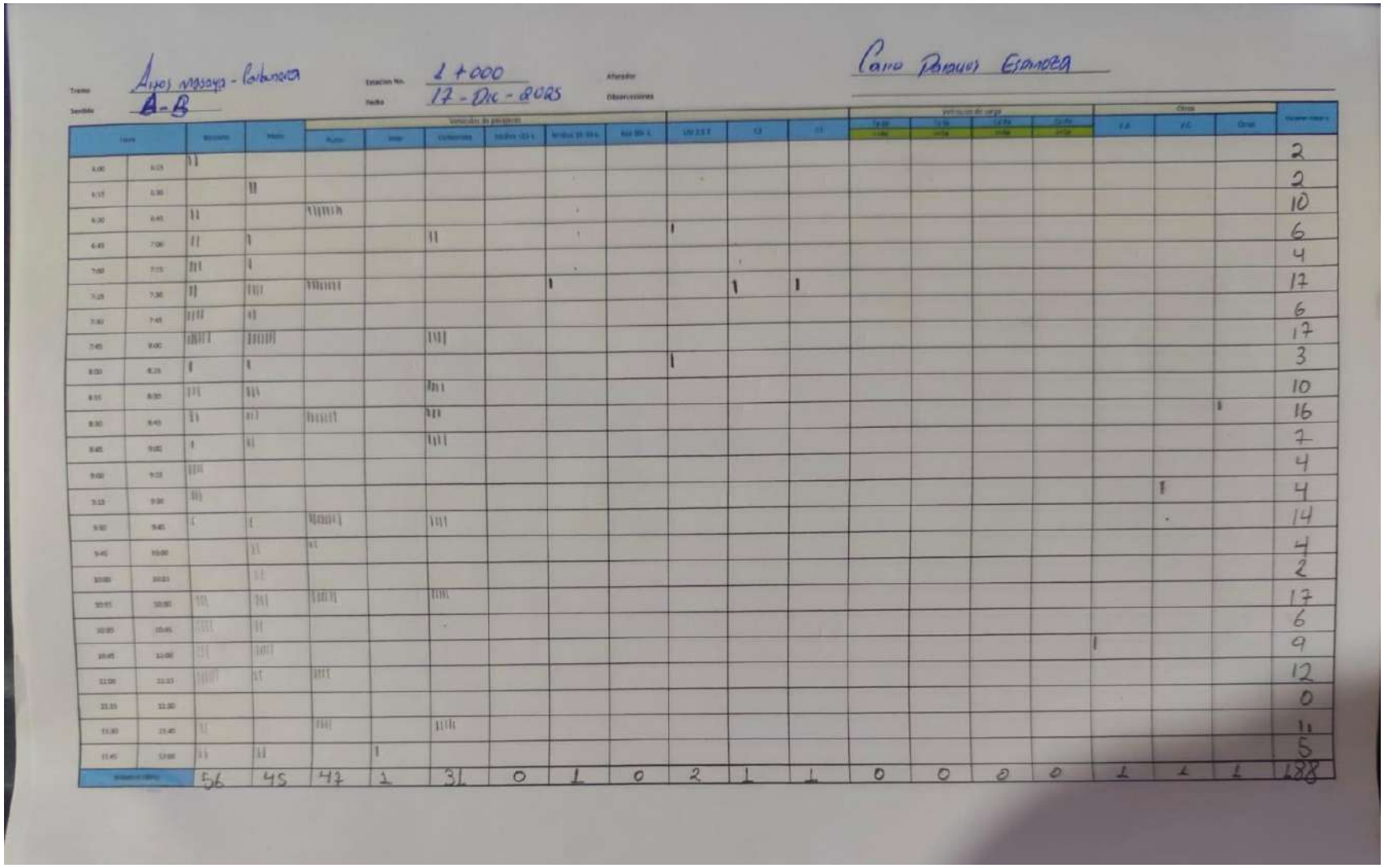

Tramo
Altos Masaya - Carbonera
Sentido
B - A
Estación No.
0+000
Fecha
16 - DIC - 2025
Aforador
Josios Benjamin Obando
Observaciones
-
Vehículos de pasajeros
Vehículos de carga
Otros
Volumen Horario
6
6
12
11
10
7
11
6
13
12
13
5
16
3
6
17
10
10
7
13
13
8
6
10
81 81 29 2 31 1 0 0 4 0 3 0 0 0 0 0 0 1 233

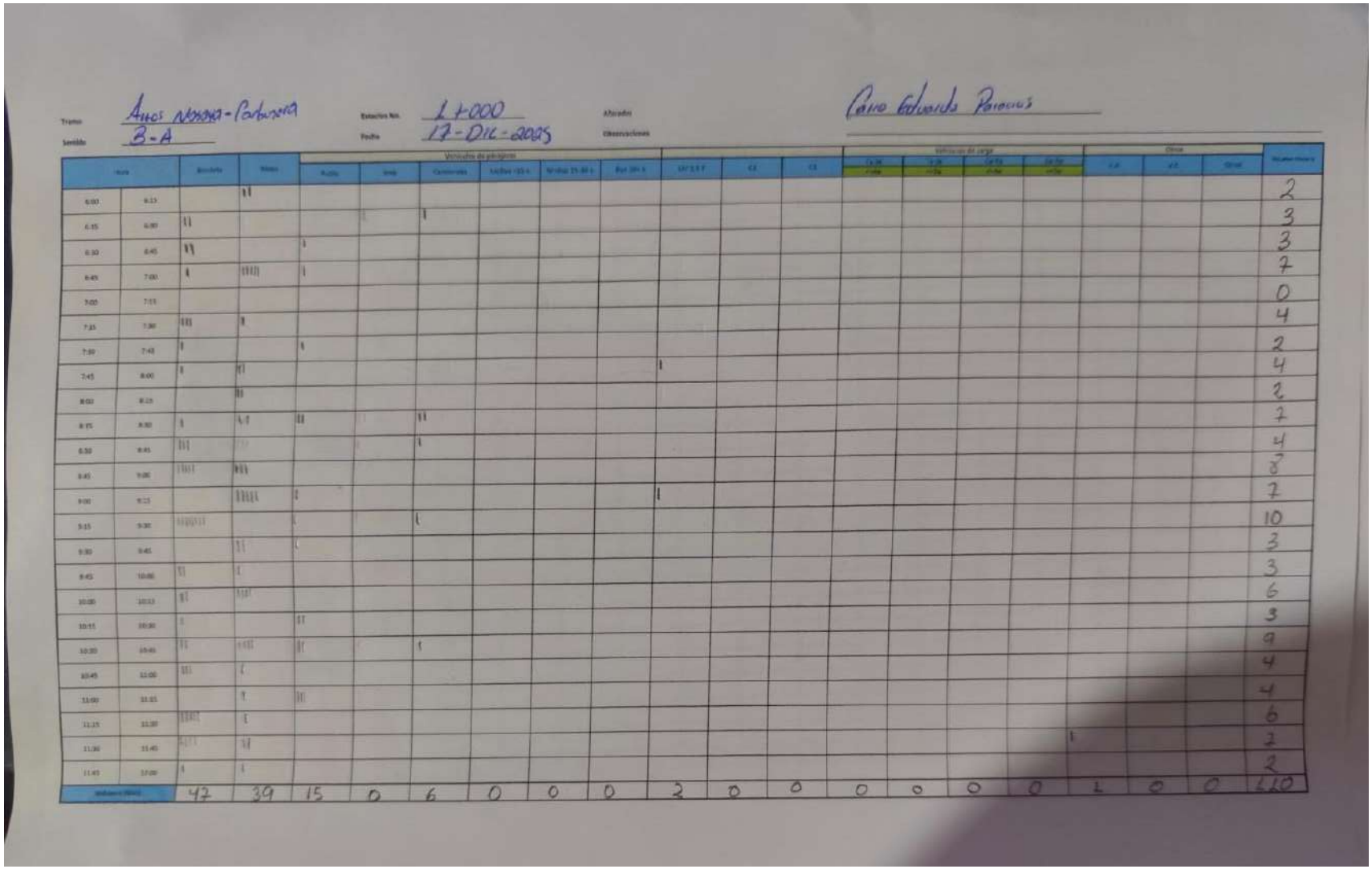
Tabla 50. Aforo Vehicular DIRECCION A-B (miércoles 17 de diciembre 2025)



Tramo: Altos Mosoyo - Palmira
Sentido: A - B
Estación No.: 1+000
Fecha: 12 - Dic - 2023
Aforador: Ricardo José Estrada
Observaciones: Intersección

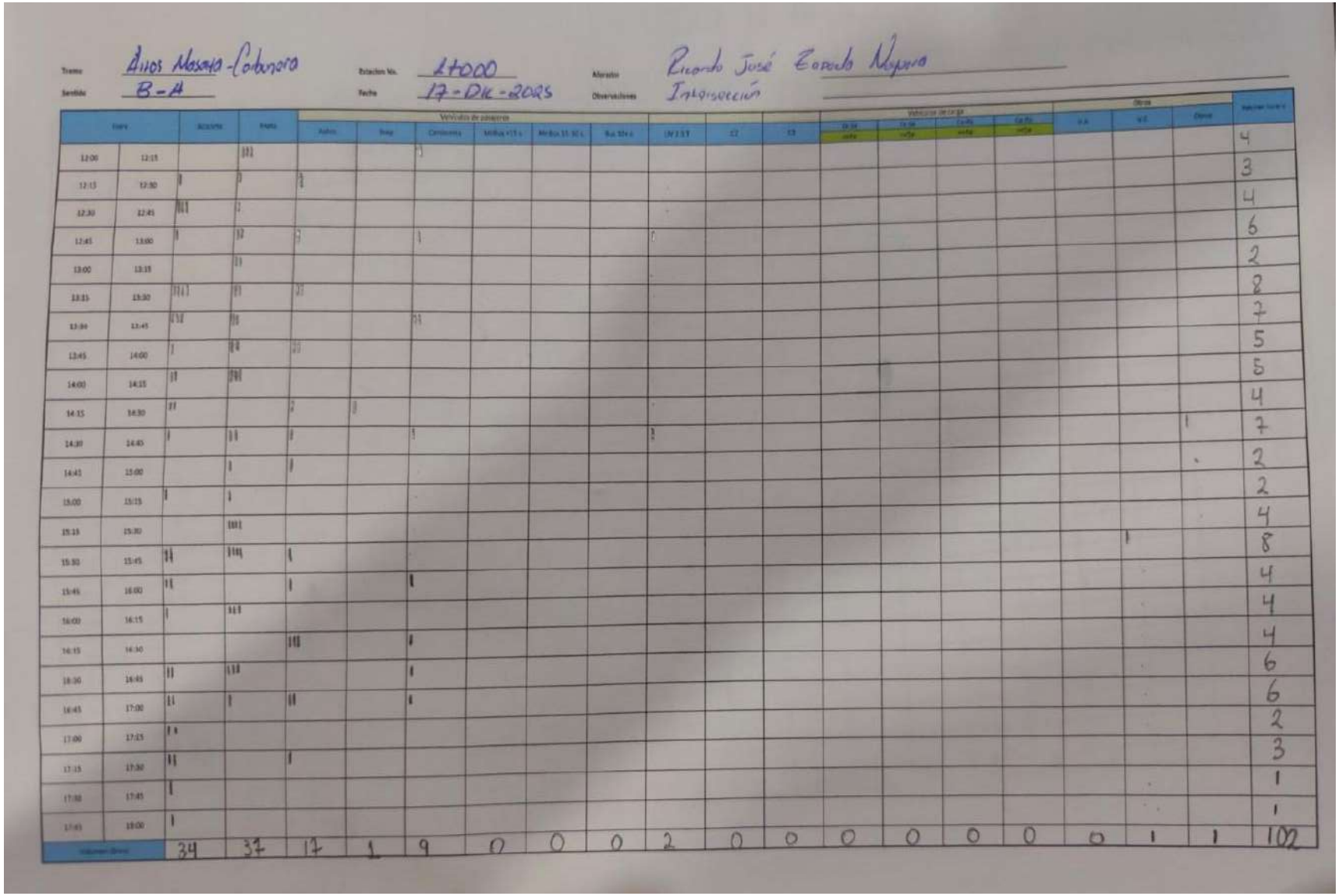
Hora		Vehículos de pasajeros											Vehículos de carga				Otros			Volumen horario
		Bicicleta	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	Microbus +15 p.	Microbus 15-30 p.	Bus 30+ p.	C2	C3	C4	2a DE carga	3a DE carga	4a DE carga	5a DE carga	V.A	V.E	Otros	
12:00	12:15																			L
12:15	12:30																			13
12:30	12:45																			3
12:45	13:00																			13
13:00	13:15																			7
13:15	13:30																			6
13:30	13:45																			7
13:45	14:00																			20
14:00	14:15																			13
14:15	14:30																			7
14:30	14:45																			3
14:45	15:00																			16
15:00	15:15																			5
15:15	15:30																			10
15:30	15:45																			15
15:45	16:00																			5
16:00	16:15																			13
16:15	16:30																			2
16:30	16:45																			11
16:45	17:00																			15
17:00	17:15																			2
17:15	17:30																			14
17:30	17:45																			0
17:45	18:00																			0
Volumen (Veh)		56	49	31	10	39	10	0	1	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	201

Tabla 51. Aforo Vehicular DIRECCION B-A (miércoles 17 de diciembre 2025)



Tramo: Ayos Navarra - Barbosa
Sentido: B-A
Estación No.: 1+000
Fecha: 17-DIC-2025
Aforado: Cairo Eduardo Parrales
Observaciones:

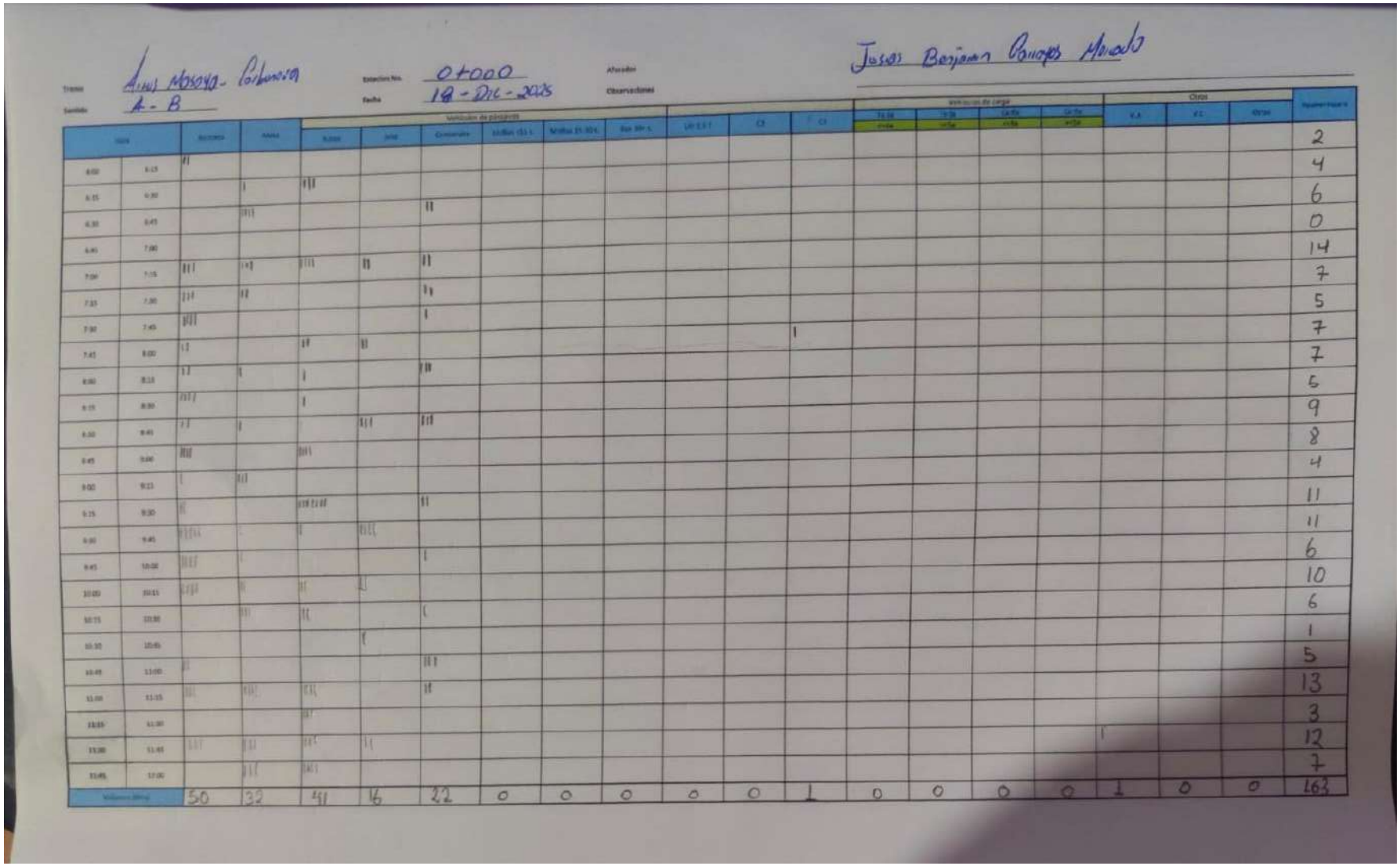
Hora		Vehículos de pasajeros											Vehículos de carga				Otros			Volumen Horario
		Motocicleta	Motocarro	Automóvil	Bus	Camioneta	Vehículo <15 t	Vehículo 15-30 t	Bus >30 t	C2	C3	C4	C2	C3	C4	C5	>4	>5	Otros	
6:00	6:15		II			I														2
6:15	6:30	II																		3
6:30	6:45	II		I																3
6:45	7:00	I	IIII	I																7
7:00	7:15																			0
7:15	7:30	III	I																	4
7:30	7:45	I		I																2
7:45	8:00	I	II							I										4
8:00	8:15		II																	2
8:15	8:30	I	IIII	II		II														7
8:30	8:45	III				I														4
8:45	9:00	IIII	III																	8
9:00	9:15		IIIII	I						I										7
9:15	9:30	IIIII		I		I														10
9:30	9:45		II	I																3
9:45	10:00	II	I																	3
10:00	10:15	II	IIII																	6
10:15	10:30	I		II																3
10:30	10:45	II	III	II		I														9
10:45	11:00	III	I																	4
11:00	11:15		I	III																4
11:15	11:30	IIII	I																	6
11:30	11:45	IIII	II													I				2
11:45	12:00	I	I																	2
		47	39	15	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	120

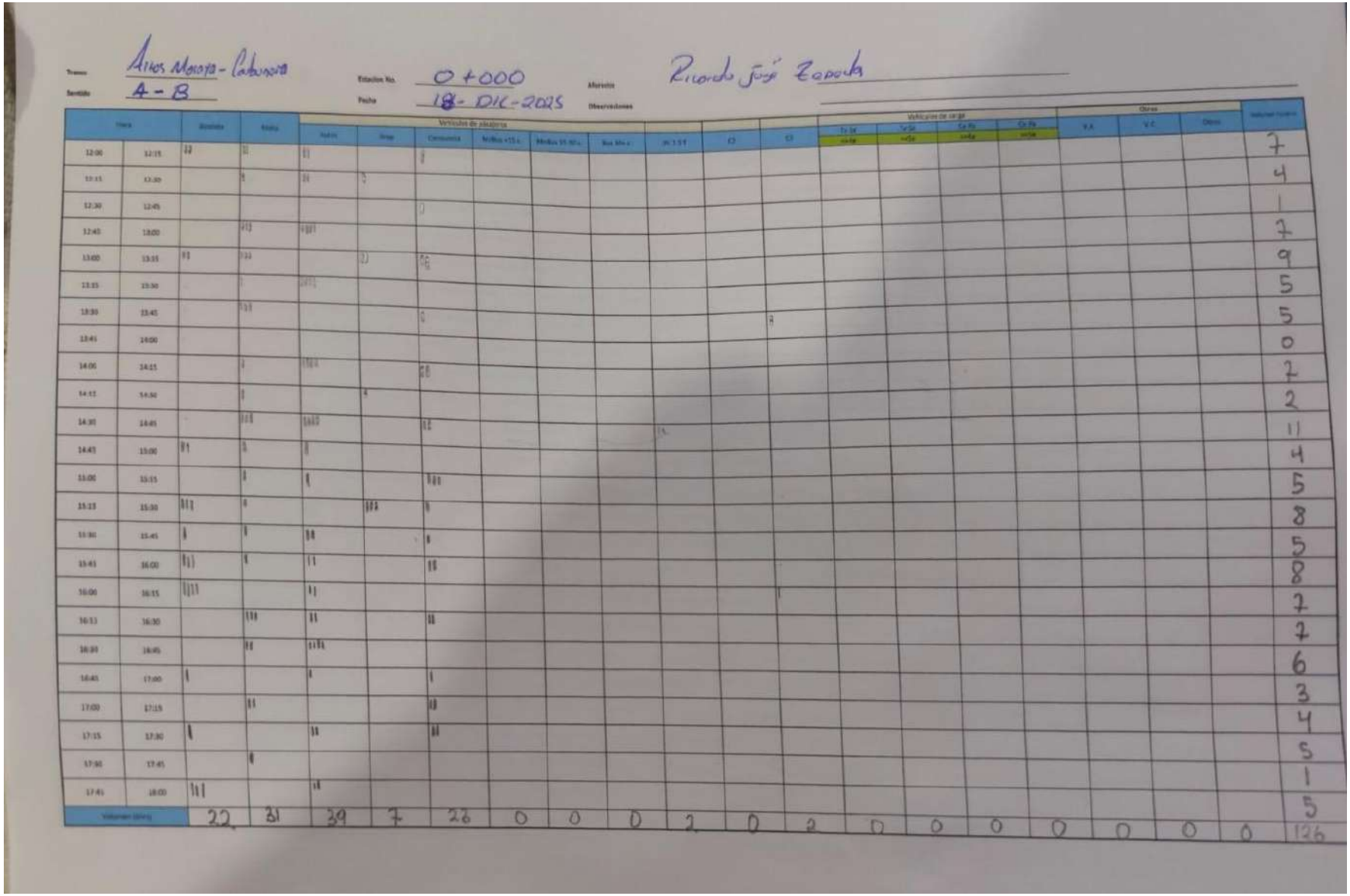


Tramo: Ríos Masaya - Catarina
Sentido: B - A
Estación No.: 47000
Fecha: 17 - Dic - 2025
Aforador: Ricardo José Estrada Mayorga
Observaciones: Intersección

Hora		Bicicleta	Peatón	Vehículos de pasajeros									Vehículos de carga				Otros			Vehículos totales
				Auto	Bus	Camioneta	Mediana +15 a	Mediana 15-30 a	Bus 30+ a	J1 / J2 T	C2	C3	De 2E corto	De 3E corto	C2-R2 corto	C2-R3 corto	U.A	U.E	Otros	
12:00	12:15		III			I														4
12:15	12:30	I	I	II																3
12:30	12:45	III	II																	4
12:45	13:00	I	II	II		I				I										6
13:00	13:15		II																	2
13:15	13:30	IIII	III	III																8
13:30	13:45	II	III			II														7
13:45	14:00	I	II	III																5
14:00	14:15	II	III																	5
14:15	14:30	II		II	I															4
14:30	14:45	I	II	I		I				I									I	7
14:45	15:00		I	I																2
15:00	15:15	I	I																	2
15:15	15:30		IIII																	4
15:30	15:45	II	IIII	I														I		8
15:45	16:00	II		I		I														4
16:00	16:15	I	III																	4
16:15	16:30			III		I														4
16:30	16:45	II	III			I														6
16:45	17:00	II	I	II		I														6
17:00	17:15	I																		2
17:15	17:30	II		I																3
17:30	17:45	I																		1
17:45	18:00	I																		1
Volumen Diario		34	37	17	1	9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	102

Tabla 52. Aforo vehicular Dirección A-B (jueves 18 de diciembre 2025)

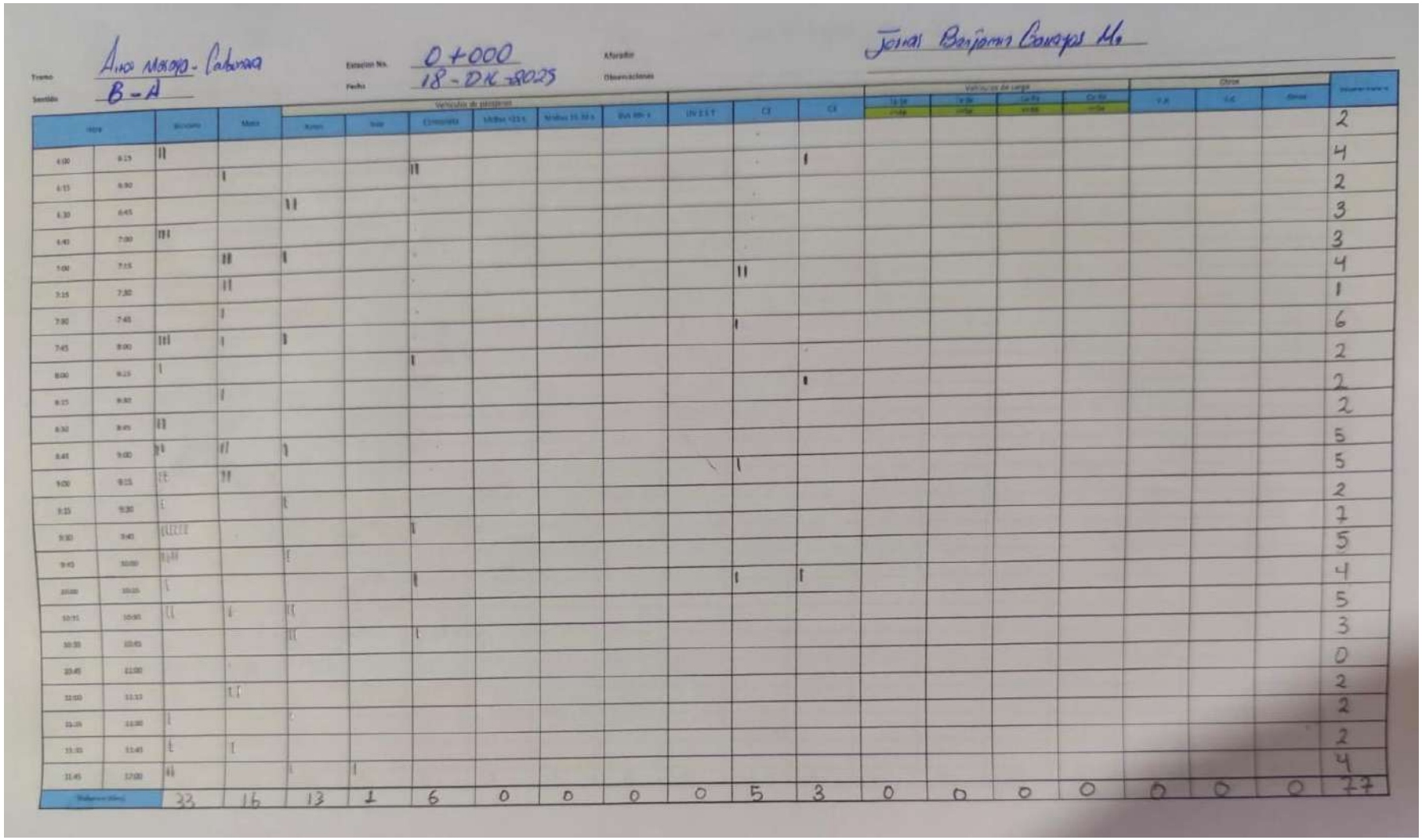


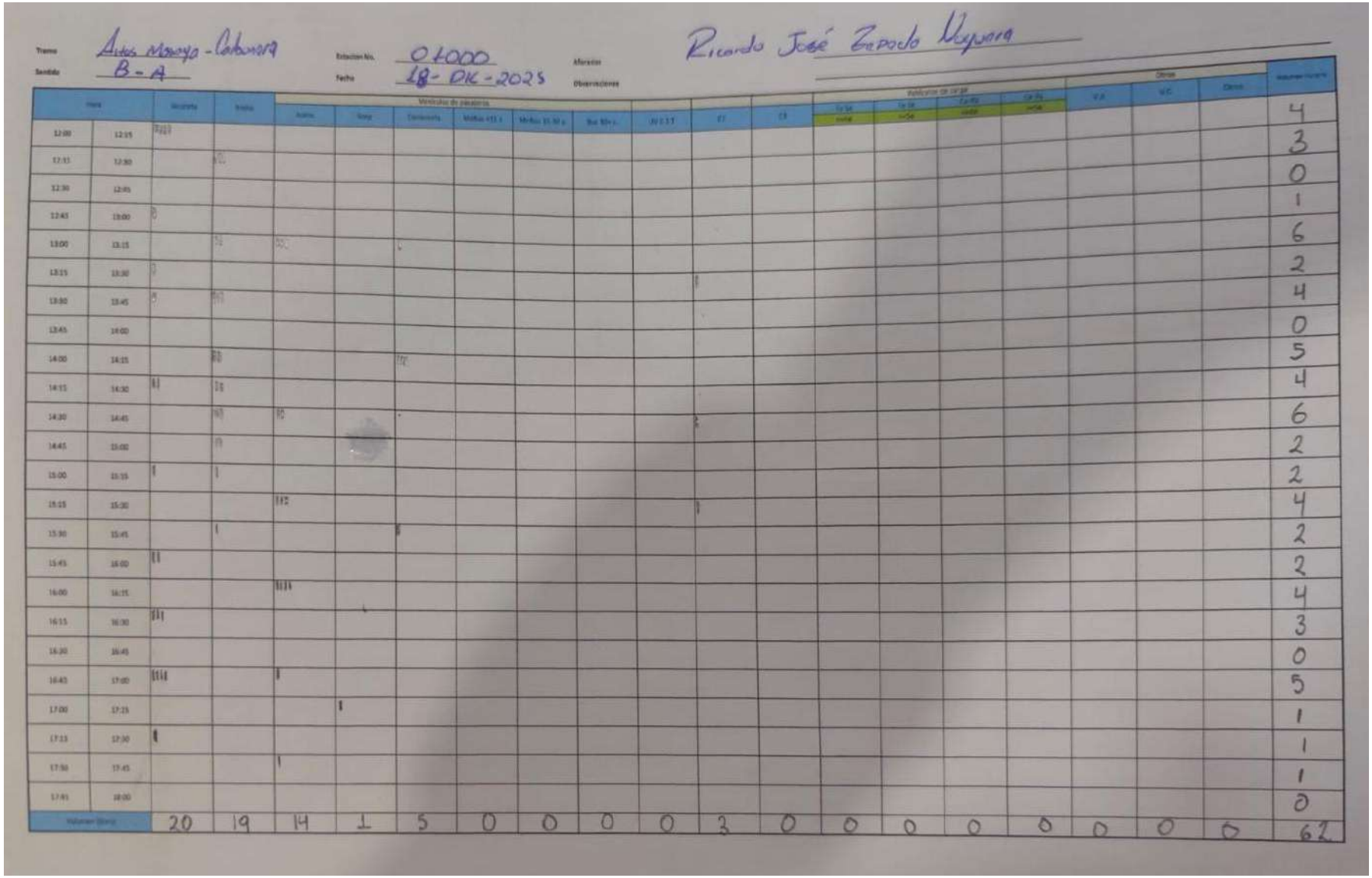


Tramo: Aires Monroy - Catarsero
Sentido: A - B
Estación No.: 0+000
Fecha: 18 - DIC - 2025
Aforista: Ricardo José Zapata
Observaciones:

Hora		Bicicletas	Motos	Vehículos de pasajeros									Vehículos de carga				Otros			Volumen horario
				Autos	Jeep	Camioneta	Medios +15 a.	Medios 11-15 a.	Bus Micro	Jc 1 S T	C2	C3	Tx 2C	Tx 3S	Tx 4S	Tx 5S	V.A	V.C	Otros	
													carga	carga	carga	carga				
12:00	12:15	2	1	1		1														7
12:15	12:30		1	2	1															4
12:30	12:45					1														1
12:45	13:00		2	4																7
13:00	13:15	1	2		1	5														9
13:15	13:30		1	4																5
13:30	13:45		3			1						1								5
13:45	14:00																			0
14:00	14:15		1	4		2														7
14:15	14:30		1		1															2
14:30	14:45		3	3		5				1										11
14:45	15:00	1	1	1																4
15:00	15:15		1	1		3														5
15:15	15:30	3	1		3	1														8
15:30	15:45	1	1	4		1														5
15:45	16:00	2	1	1		3														8
16:00	16:15	4		1								1								7
16:15	16:30		3	1		3														7
16:30	16:45		2	4																6
16:45	17:00	1		1		1														3
17:00	17:15		2			2														4
17:15	17:30	1		2		2														5
17:30	17:45		1																	1
17:45	18:00	2		3																5
Volumen Diario		22	31	39	7	26	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	126

Tabla 53. Aforo Vehicular DIRECCION B-A (jueves 18 de diciembre 2025)





Tramo: Autos Mocoya - Catamarca
Sentido: B - A
Estación No.: 04000
Fecha: 18 - DIC - 2025
Aforador: Ricardo José Zepeda Ugarte
Observaciones:

Hora		Motocarga	Moto	Vehículos de pasajeros									Vehículos de carga				Otros			Volumen Horario
				Auto	Jeep	Camioneta	Medios 4T1 a	Medios 2T, 3B y	Bus 3D o +	2C 3 T	2T	3B	Tipo 2A (rígido)	Tipo 2B (rígido)	Tipo 3 (rígido)	Tipo 3S (rígido)	V.A	V.C	Otros	
12:00	12:15	IIII																		4
12:15	12:30		III																	3
12:30	12:45																			0
12:45	13:00	I																		1
13:00	13:15		II	III		I														6
13:15	13:30	II																		2
13:30	13:45	III	IIII								I									4
13:45	14:00																			0
14:00	14:15		III			II														5
14:15	14:30	II	II																	4
14:30	14:45		IIII	III		I					I									6
14:45	15:00		II																	2
15:00	15:15	I	I																	2
15:15	15:30			IIII							I									4
15:30	15:45		I			I														2
15:45	16:00	II																		2
16:00	16:15			IIII																4
16:15	16:30	III																		3
16:30	16:45																			0
16:45	17:00	IIII		I																5
17:00	17:15				I															1
17:15	17:30	I																		1
17:30	17:45			I																1
17:45	18:00																			0
Volumen Diario		20	19	14	1	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	62

Tabla 54. Resultados de curvas horizontales en el tramo de estudio.

DATOS DE LA CURVAS SIMPLES											
CURVA N°									ESTACIONES PRINCIPALES		
	Δ	Radio	Sub-Tangente	Lc (m)	CM(M)	E (m)	M (m)	Gc	EST PC	EST PM	EST PT
N°1	16.7185	160	23.510	46.687	46.521	1.718	1.700	7°9´43´´	0+039.65	0+062.99	0+086.34
N°2	22.6073	160	31.982	63.132	62.723	3.165	3.104	7°9´43´´	0+156.57	0+188.13	0+219.70
N°3	52.675	150	74.257	137.903	133.097	17.374	15.571	7°38´22´´	0+360.69	0+429.64	0+498.60
N°4	30.6308	150	41.079	80.191	79.240	5.523	5.327	7°38´22´´	0+559.93	0+600.03	0+640.12
N°5	6.9029	150	9.047	18.072	18.061	0.273	0.272	7°38´22´´	0+819.13	0+828.17	0+837.20
N°6	10.621	150	13.943	27.806	27.766	0.647	0.644	7°38´22´´	1+126.46	1+140.36	1+154.26
N°7	14.1615	150	18.632	37.075	36.980	1.153	1.144	7°38´22´´	1+262.16	1+280.70	1+299.23
N°8	42.6272	400	156.063	297.595	290.778	29.367	27.358	2°51´53´´	1+396.35	1+545.14	1+693.94
N°9	20.0032	150	26.453	52.368	52.103	2.315	2.280	7°38´22´´	1+869.95	1+896.13	1+922.32
N°10	10.9057	400	38.183	76.136	76.021	1.818	1.810	2°51´53´´	1+957.36	1+995.42	2+033.49
N°11	10.7036	150	14.052	28.022	27.981	0.657	0.654	7°38´22´´	2+252.32	2+266.33	2+280.34
N°12	27.7098	150	36.996	72.544	71.839	4.495	4.364	7°38´22´´	2+337.17	2+373.45	2+409.72
N°13	26.9022	150	35.876	70.430	69.785	4.231	4.115	7°38´22´´	2+462.64	2+497.86	2+533.07
N°14	27.3359	150	36.477	71.565	70.888	4.372	4.248	7°38´22´´	2+828.38	2+864.17	2+899.95
N°15	33.0114	150	44.448	86.424	85.233	6.447	6.181	7°38´22´´	2+939.01	2+982.22	3+025.44
N°16	13.8449	150	18.212	36.246	36.158	1.102	1.093	7°38´22´´	3+086.06	3+104.18	3+122.30
N°17	10.1727	150	13.351	26.632	26.597	0.593	0.591	7°38´22´´	3+276.67	3+289.98	3+303.30
N°18	16.0628	200	28.220	56.070	55.886	1.981	1.962	5°43´47´´	3+521.46	3+549.49	3+577.53
N°19	17.9239	150	23.656	46.925	46.734	1.854	1.831	7°38´22´´	3+688.08	3+711.55	3+735.01
N°20	21.5675	500	95.233	188.212	187.103	8.989	8.830	2°17´31´´	3+834.71	3+928.81	4+022.92
N°21	7.5336	180	11.851	23.668	23.650	0.390	0.389	6°21´58´´	4+236.71	4+248.54	4+260.38
N°22	8.2426	180	12.970	25.895	25.873	0.467	0.465	6°21´58´´	4+489.89	4+502.84	4+515.79
N°23	10.1302	150	13.295	26.521	26.486	0.588	0.586	7°38´22´´	4+798.66	4+811.93	4+825.19
N°24	19.8213	500	87.360	172.974	172.112	7.574	7.461	2°17´31´´	4+972.54	5+059.03	5+145.51
N°25	27.1797	500	120.869	237.188	234.970	14.402	13.999	2°17´31´´	5+211.60	5+330.20	5+448.79
N°26	3.5362	150	4.630	9.258	9.256	0.071	0.071	7°38´22´´	5+583.91	5+588.54	5+593.17
N°27	7.1828	150	9.415	18.805	18.792	0.295	0.295	7°38´22´´	5+653.95	5+663.35	5+672.75
N°28	24.9127	200	44.179	86.962	86.278	4.821	4.708	5°43´47´´	5+752.64	5+796.12	5+839.60
N°29	13.3836	150	17.599	35.038	34.959	1.029	1.022	7°38´22´´	5+902.63	5+920.15	5+937.67

Tabla 55. Resultados de curvas verticales del tramo Altos de Masaya – La Carbonera.

CURVA N°	ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL												
	EST PIV	ELEV PIV	Pend. Entrada (%)	Pend. Salida (%)	A (%)	K (min)	K (Prop)	LCV	EST PCV	ELEV PCV	EST PTV	ELEV PTV	TIPO DE CURVA
1	0+742.16	218	-0.53	-1.3	0.77	7	25.97	20	0+732.16	218.053	0+752.16	217.87	CONVEXA (CASO 3)
2	3+295.38	184.761	-1.3	-1.6	0.3	7	66.67	20	3+285.38	184.891	3+305.38	184.601	CONVEXA (CASO 3)
3	4+723.38	161.882	-1.6	-0.92	-0.68	13	44.12	30	4+708.38	162.122	4+738.38	161.744	CONCAVA (CASO 5)
4	5+433.18	155.319	-0.92	-1.73	0.81	7	37.04	30	5+418.18	155.457	5+448.18	155.060	CONVEXA (CASO 3)

Fuente: Levantado por sustentantes

Tabla 56. Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales.

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

Tabla 57. Pendiente máxima para calles colectoras rurales.

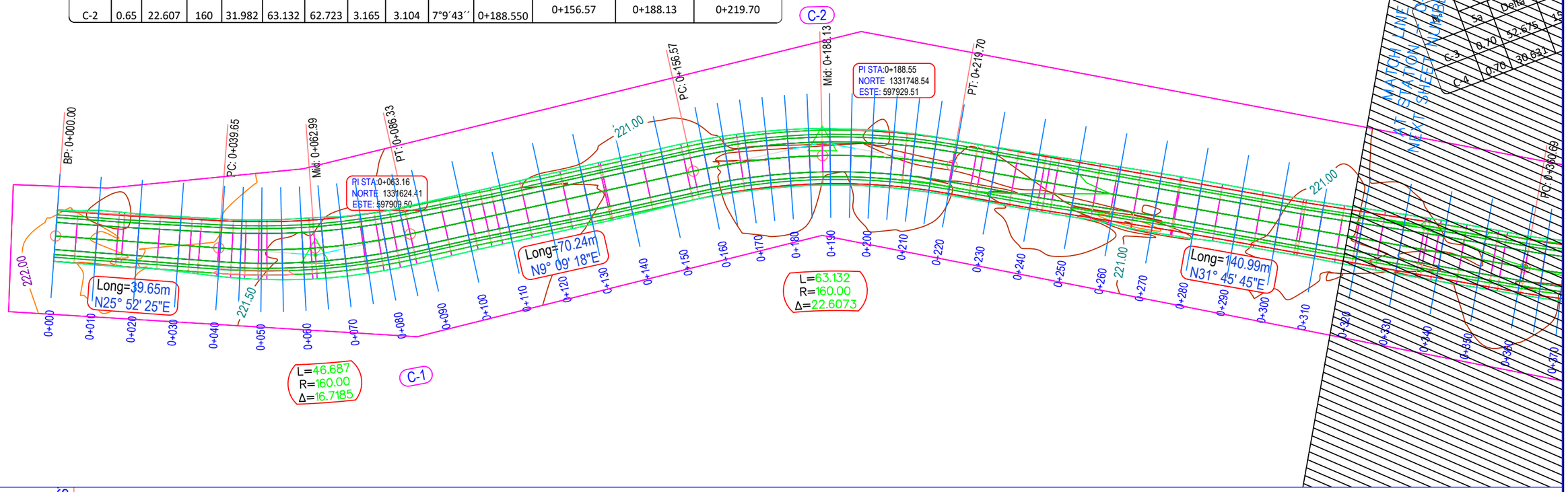
TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9	9	9	9	8	7	7	6
Lomerío	12	12	11	10	9	8	8	7
Montañoso	14	13	12	12	11	10	10	9

Tabla 58. Pendiente máxima para autopistas urbanas y rurales.

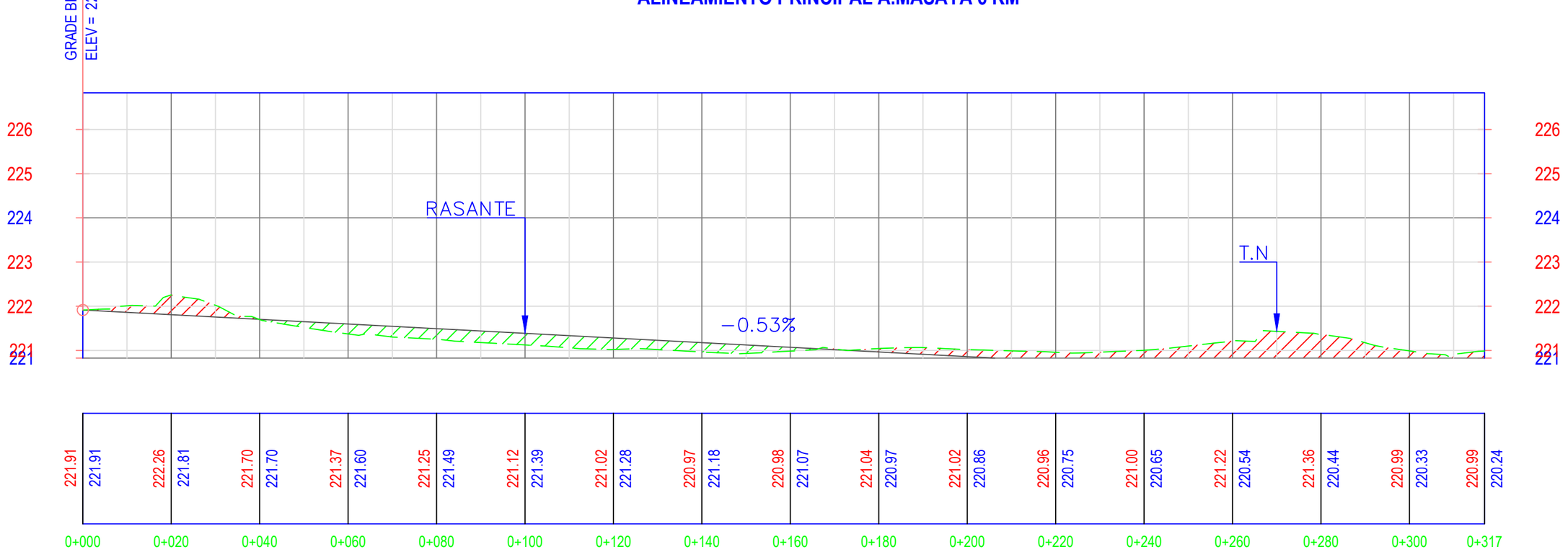
TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO, KPH				
	80	90	100	110	120
	Pendientes (%)*				
Plano	4	4	3	3	3
Lomerío	5	5	4	4	4
Montañoso	6	6	6	5	---

PLANOS.

N°	ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL									ESTACIONES PRINCIPALES			
	Sa	Delta	Radio	ST	Lc (m)	CM(M)	E (m)	M (m)	Gc	P.I	EST PC	EST PM	EST PT
C-1	0.65	16.719	160	23.510	46.687	46.521	1.718	1.700	7°9´43´´	0+063.160	0+039.65	0+062.99	0+086.34
C-2	0.65	22.607	160	31.982	63.132	62.723	3.165	3.104	7°9´43´´	0+188.550	0+156.57	0+188.13	0+219.70

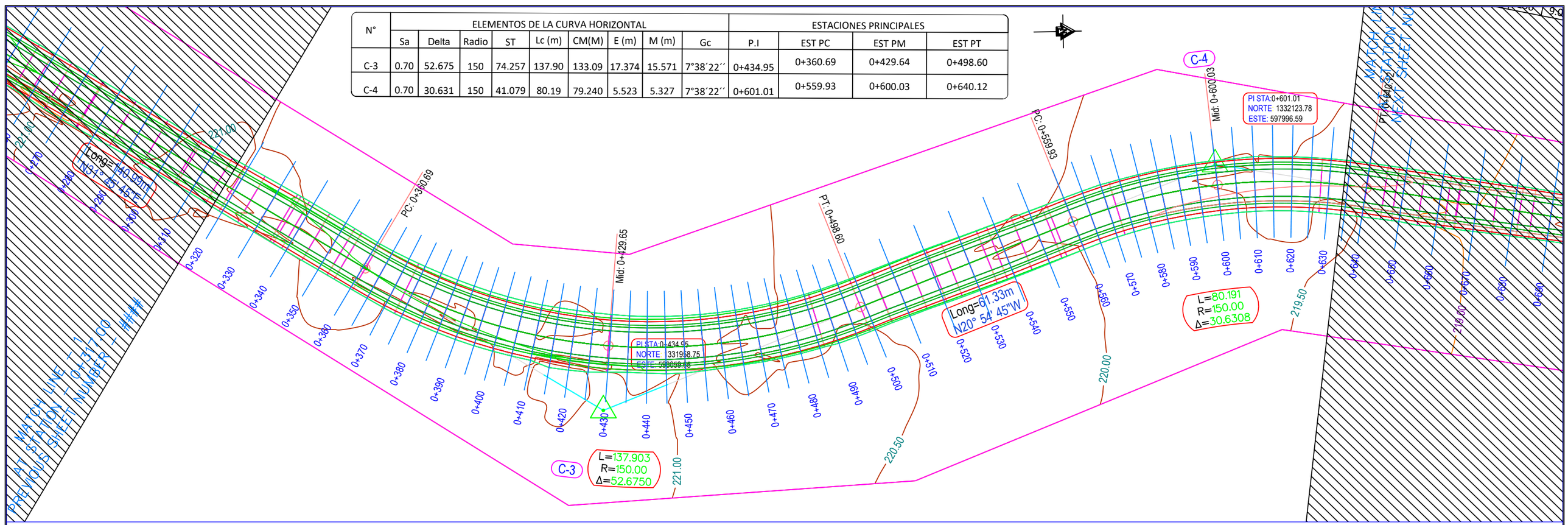


ALINEAMIENTO PRINCIPAL A.MASAYA 6 KM

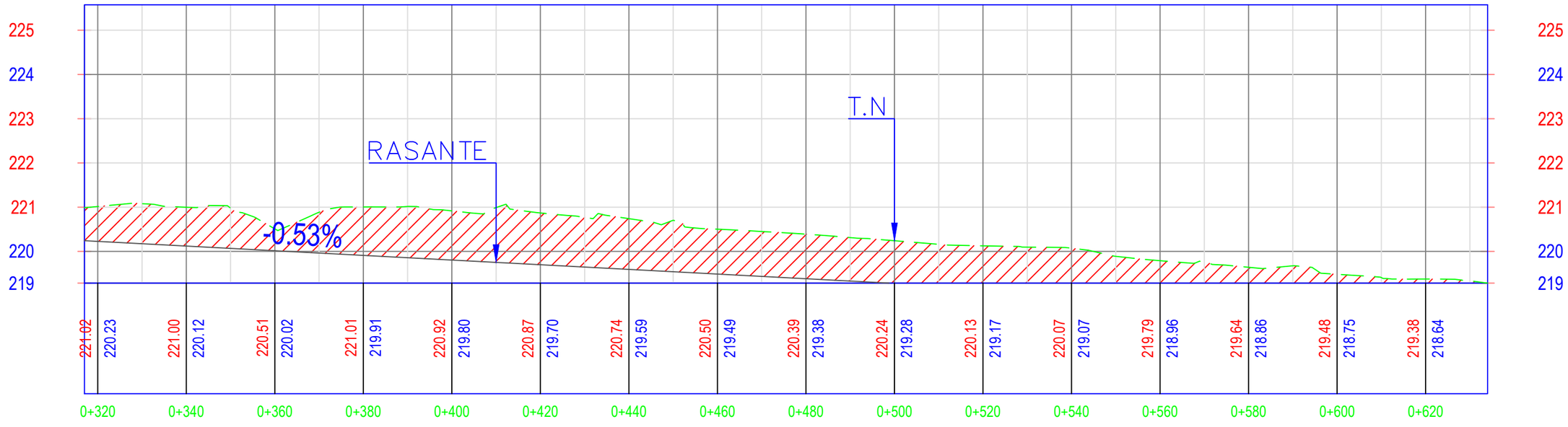


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.	**PROYECTO** DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**PRESENTADO POR** Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado. Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza. Br. Ricardo José Zepeda Noguera.	**TUTOR (A)** Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.	**CONTENIDO** VISTA EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDAL **FECHA**	**UBICACIÓN** ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**LAMINA #** 1 A **ESCALA** 1:1000

N°	ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL									ESTACIONES PRINCIPALES			
	Sa	Delta	Radio	ST	Lc (m)	CM(M)	E (m)	M (m)	Gc	P.I	EST PC	EST PM	EST PT
C-3	0.70	52.675	150	74.257	137.90	133.09	17.374	15.571	7°38´22´´	0+434.95	0+360.69	0+429.64	0+498.60
C-4	0.70	30.631	150	41.079	80.19	79.240	5.523	5.327	7°38´22´´	0+601.01	0+559.93	0+600.03	0+640.12

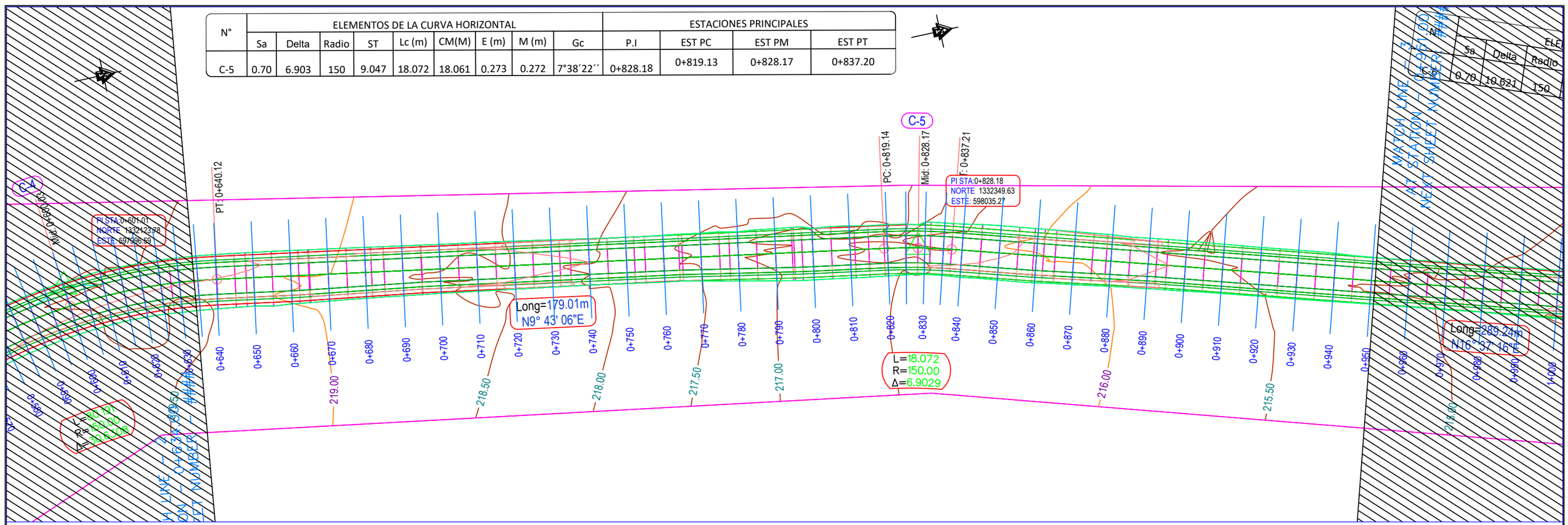


ALINEAMIENTO PRINCIPAL A.MASAYA 6 KM

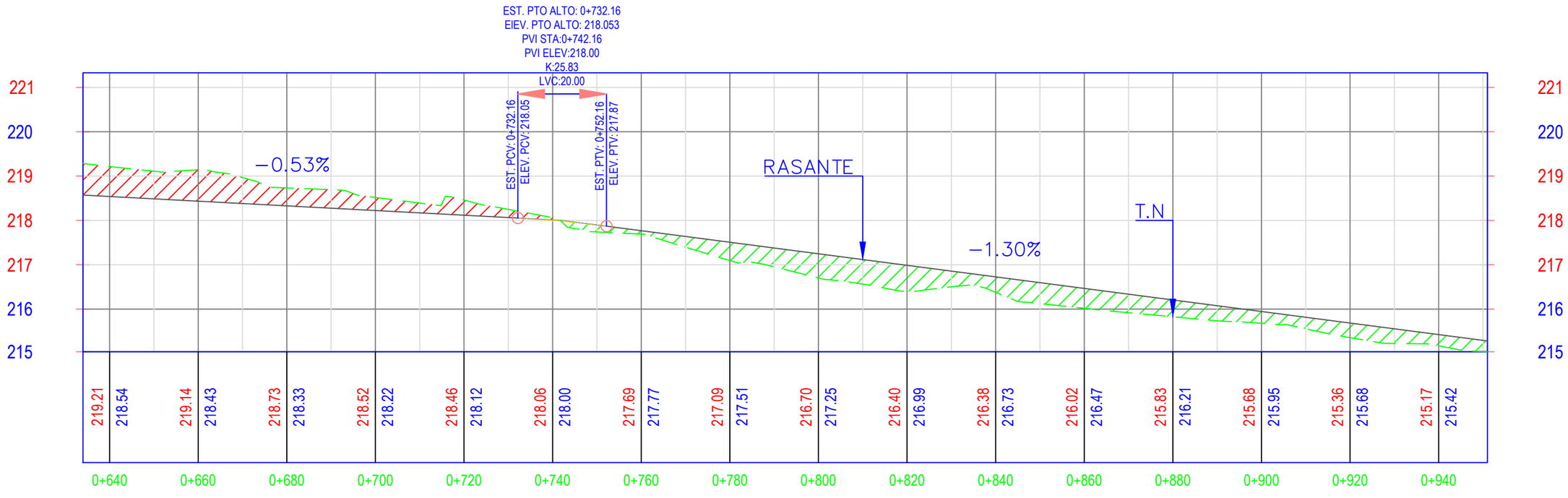


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.	**PROYECTO** DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**PRESENTADO POR** Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado. Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza. Br. Ricardo José Zepeda Noguera.	**TUTOR (A)** Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.	**CONTENIDO** VISTA EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDAL **FECHA**	**UBICACIÓN** ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**LAMINA #** 2 A **ESCALA** 1:1000

N°	ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL									ESTACIONES PRINCIPALES			
	Sa	Delta	Radio	ST	Lc (m)	CM(M)	E (m)	M (m)	Gc	P.I	EST PC	EST PM	EST PT
C-5	0.70	6.903	150	9.047	18.072	18.061	0.273	0.272	7°38´22´´	0+828.18	0+819.13	0+828.17	0+837.20

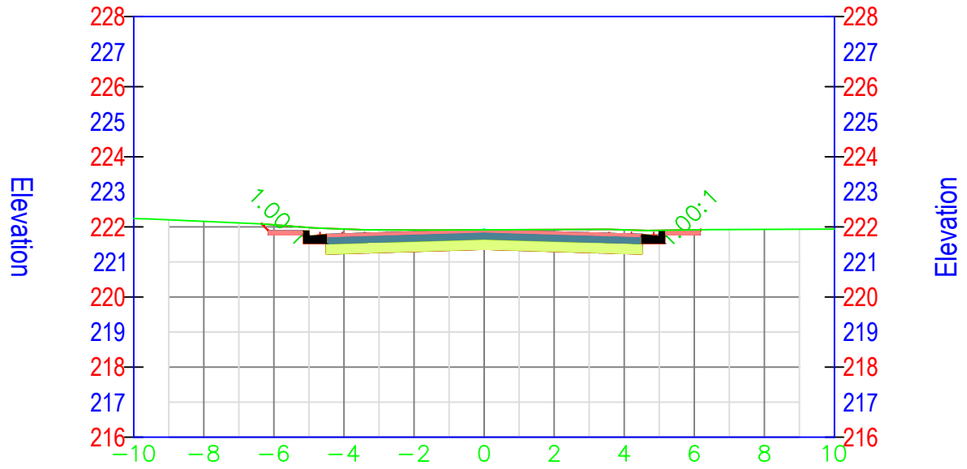


ALINEAMIENTO PRINCIPAL A.MASAYA 6 KM

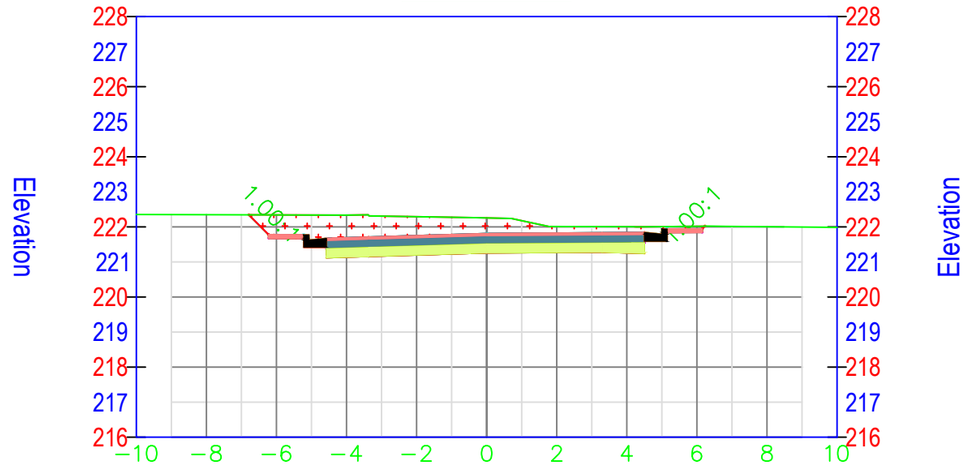


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.	**PROYECTO** DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**PRESENTADO POR** Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado. Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza. Br. Ricardo José Zepeda Noguera.	**TUTOR (A)** Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.	**CONTENIDO** VISTA EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDAL **FECHA**	**UBICACIÓN** ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**LAMINA #** 3 A **ESCALA** 1:1000

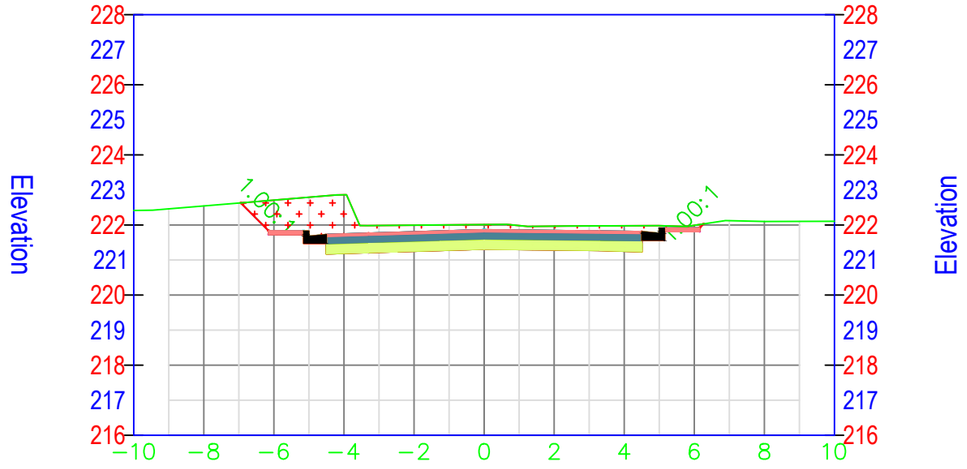
0+000.00



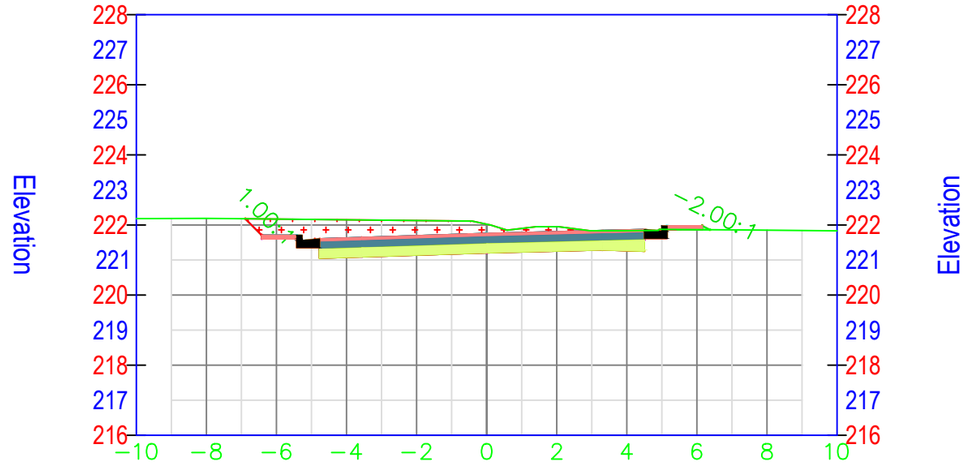
0+020.00



0+010.00

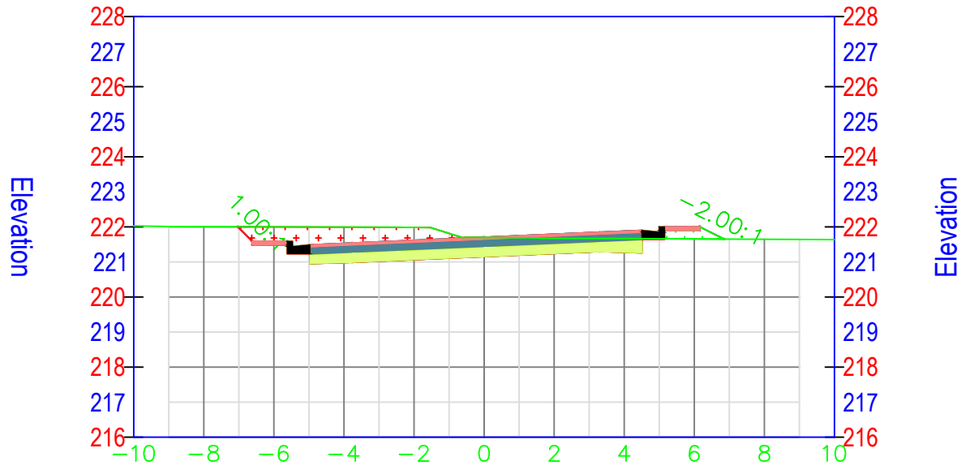


0+030.00

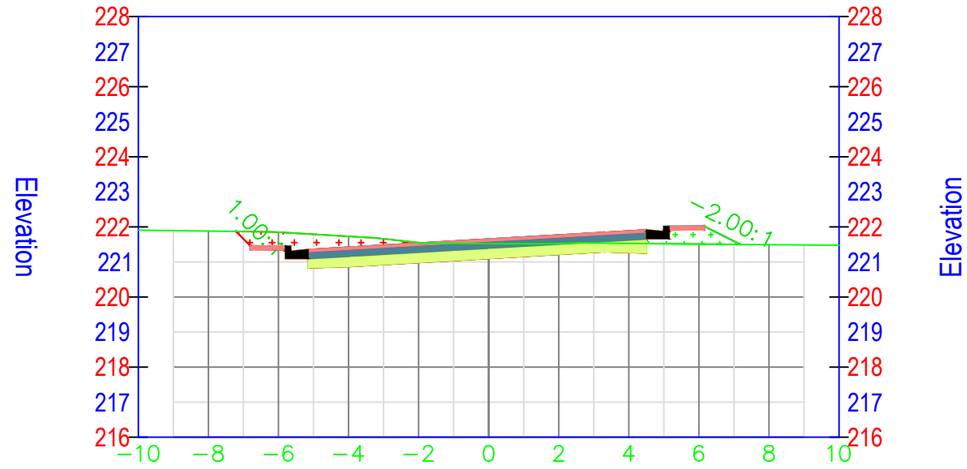


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.	**PROYECTO** DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**PRESENTADO POR** Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado. Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza. Br. Ricardo José Zepeda Noguera.	**TUTOR (A)** Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.	**CONTENIDO** SECCIONES TRANSVERSALES **FECHA**	**UBICACIÓN** ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**LAMINA #** 1-B **ESCALA** 1:175

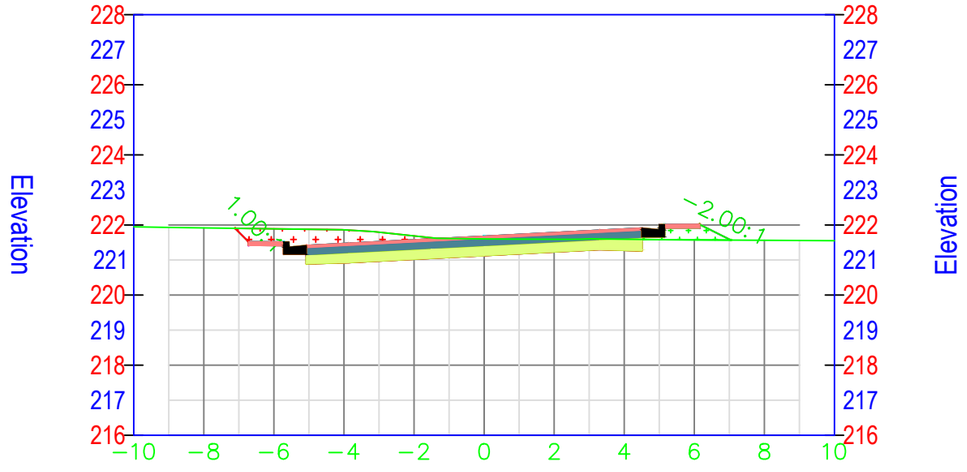
0+040.00



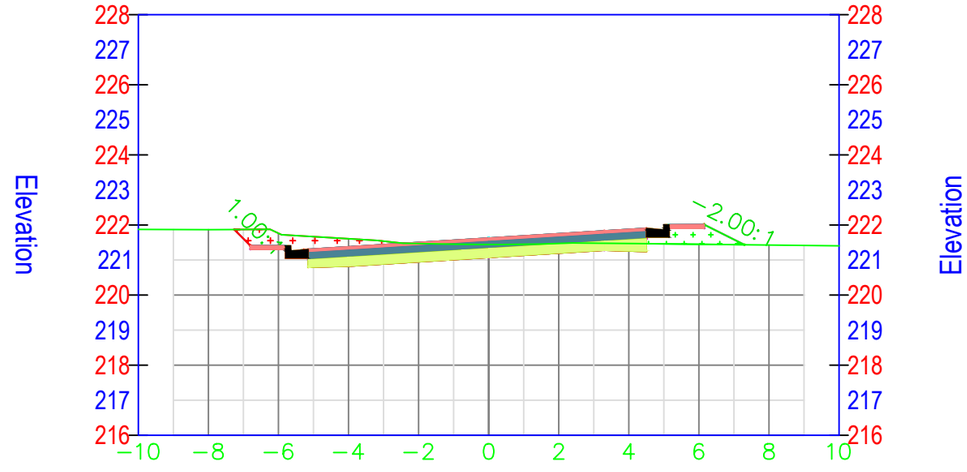
0+050.00



0+045.00



0+055.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.

PROYECTO

DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

PRESENTADO POR

Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado.
Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza.
Br. Ricardo José Zepeda Noguera.

TUTOR (A)

Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.

CONTENIDO

SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA

UBICACIÓN

ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

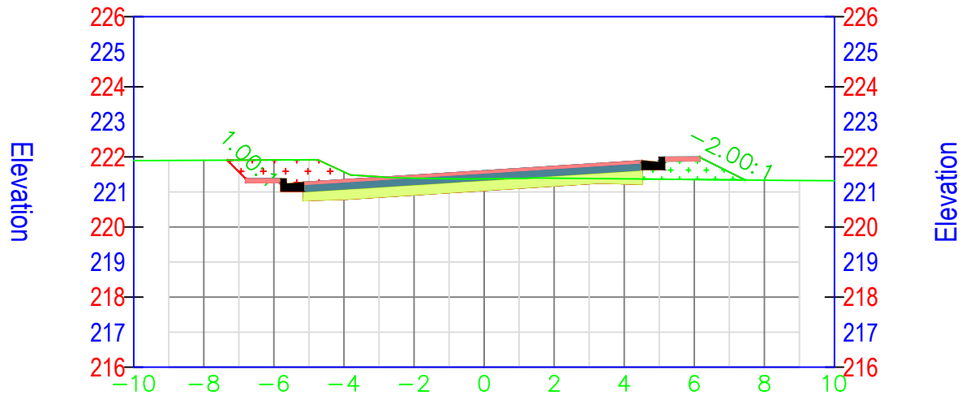
LAMINA #

2-B

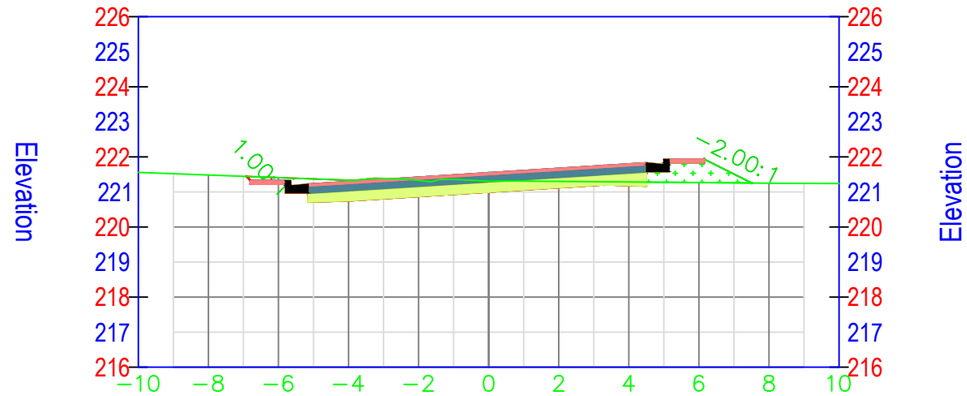
ESCALA

1:175

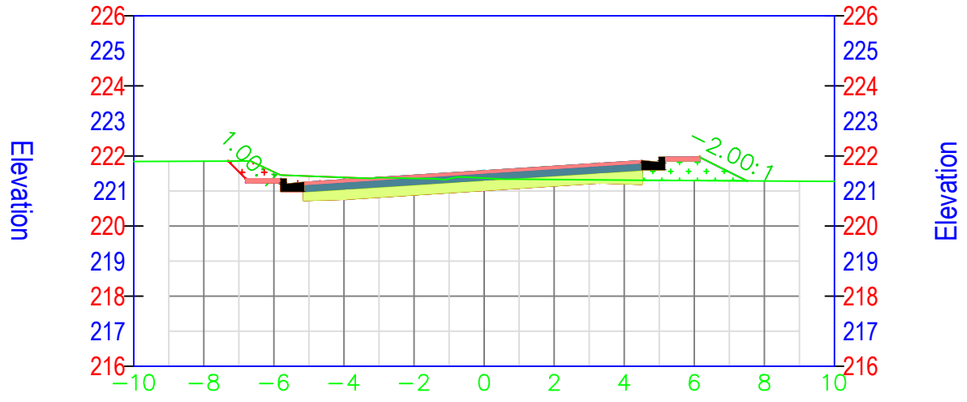
0+060.00



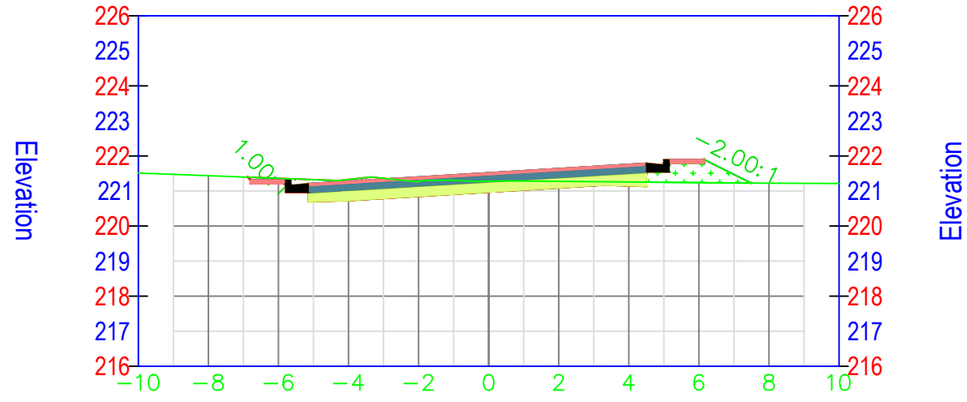
0+070.00



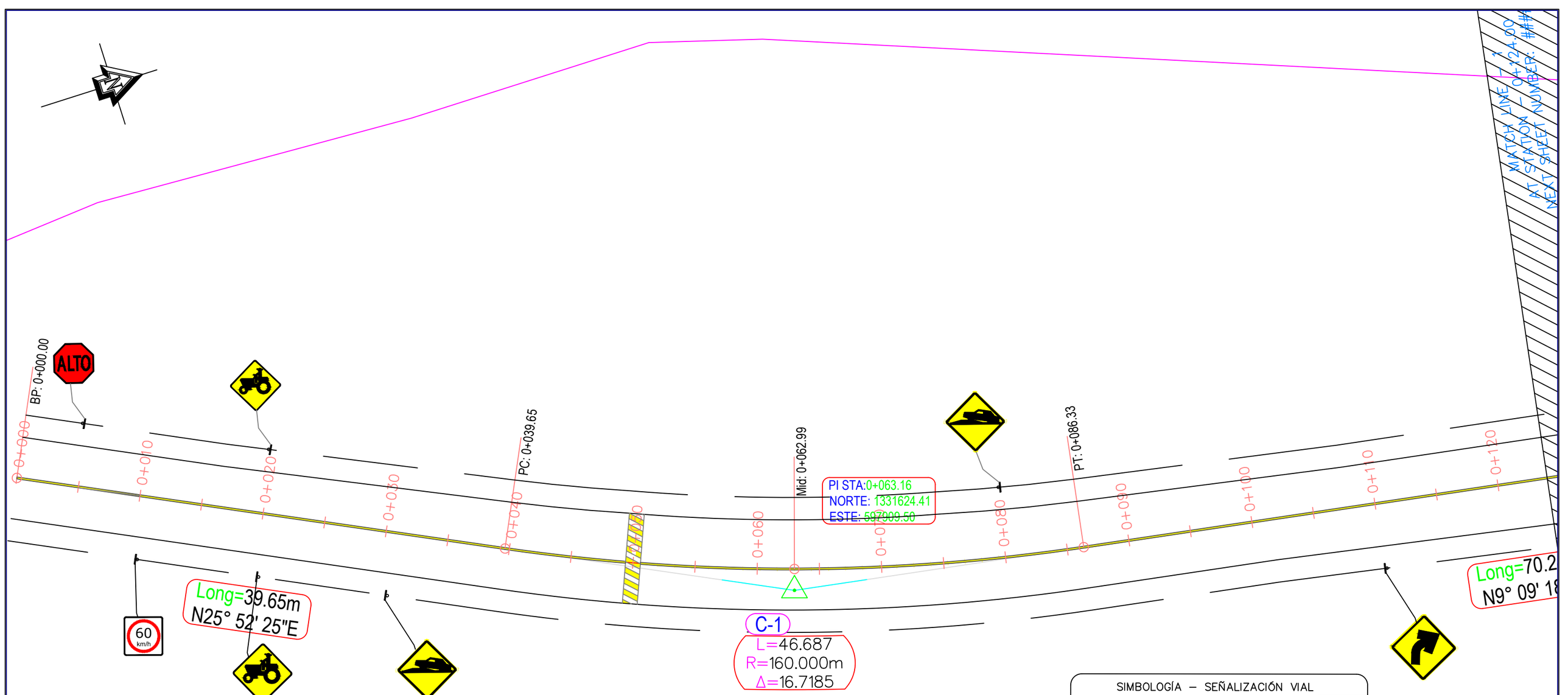
0+065.00



0+075.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.	PROYECTO DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	PRESENTADO POR Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado. Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza. Br. Ricardo José Zepeda Noguera.	TUTOR (A) Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.	CONTENIDO SECCIONES TRANSVERSALES FECHA	UBICACIÓN ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	LAMINA # 3-B ESCALA 1:175



SIMBOLOGÍA – SEÑALIZACIÓN VIAL	
LEYENDA	DESCRIPCIÓN
SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
	SEÑALES PREVENTIVAS
	SEÑALES REGLAMENTARIAS
	DELINEADOR VERTICAL DIRECCIONAL (GUIA – CURVA HORIZONTAL)
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
	LINEA LONGITUDINAL CONTINUA (0.15 m ANCHO)
	LINEA LONGITUDINAL DISCONTINUA (0.15 X 4.5) ESPACIADO ENTRE LINEA 3 M
	PASO PEATONAL EN CEBRA 0.40 M ANCHO POR LINEA
ESCUELA	LEYENDA – APROXIMACIÓN ESCUELA
	FLECHAS DIRECCIONALES
DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD VIAL	
	REDUCTOR DE VELOCIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.

PROYECTO

DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

PRESENTADO POR

Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado.
Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza.
Br. Ricardo José Zepeda Noguera.

TUTOR (A)

Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.

CONTENIDO

SEÑALIZACIÓN VIAL

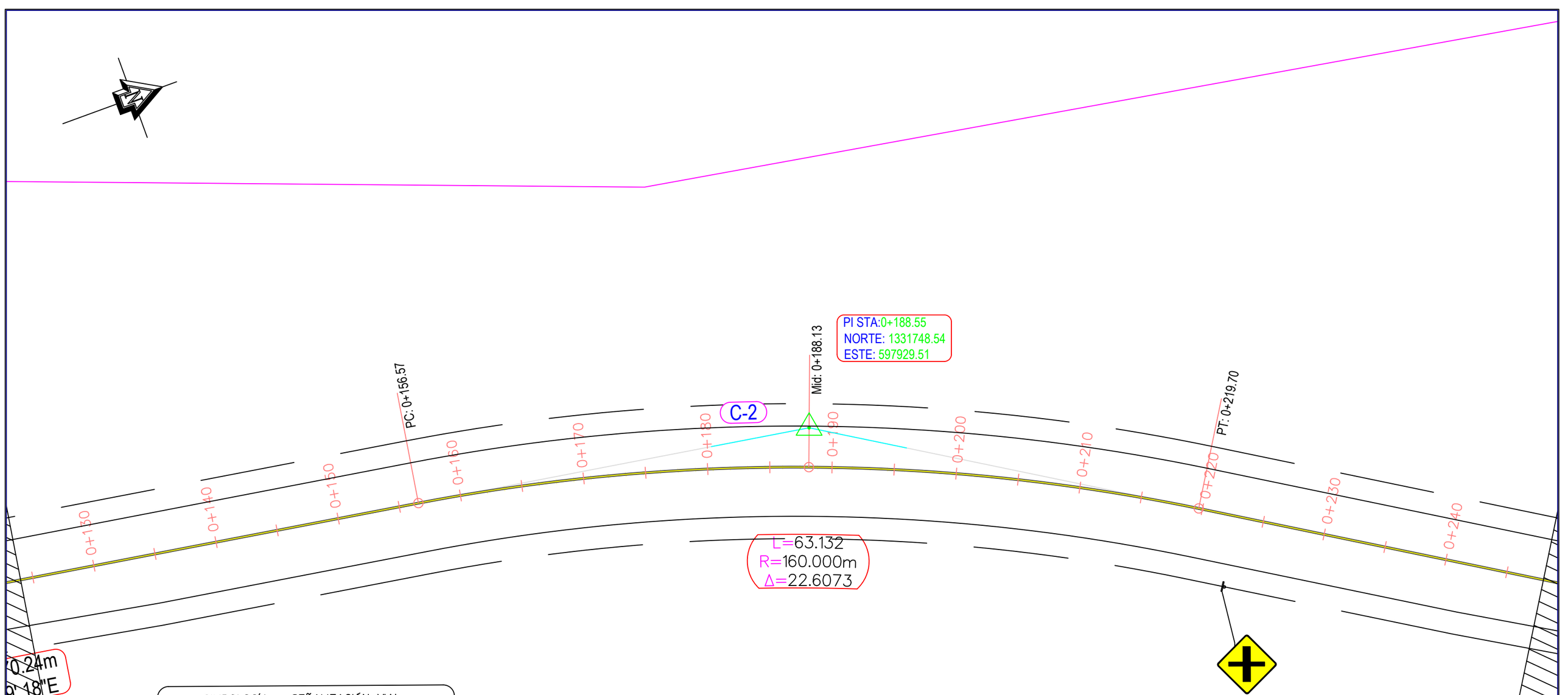
FECHA

UBICACIÓN

ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

LAMINA # 1-C

ESCALA 1:300



0.24m
9' 18"E

MATCH LINE - 1+124.00
AT STATION - SHEET NUMBER -
PREVIOUS SHEET NUMBER

SIMBOLOGÍA – SEÑALIZACIÓN VIAL	
LEYENDA	DESCRIPCIÓN
SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
	SEÑALES PREVENTIVAS
	SEÑALES REGLAMENTARIAS
	DELINEADOR VERTICAL DIRECCIONAL (GUIA – CURVA HORIZONTAL)
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
	LINEA LONGITUDINAL CONTINUA (0.15 m ANCHO)
	LINEA LONGITUDINAL DISCONTINUA (0.15 X 4.5) ESPACIADO ENTRE LINEA 3 M
	PASO PEATONAL EN CEBRA 0.40 M ANCHO POR LINEA
ESCUELA	LEYENDA – APROXIMACIÓN ESCUELA
	FLECHAS DIRECCIONALES
DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD VIAL	
	REDUCTOR DE VELOCIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.

PROYECTO

DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

PRESENTADO POR

Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado.
Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza.
Br. Ricardo José Zepeda Noguera.

TUTOR (A)

Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.

CONTENIDO

SEÑALIZACIÓN VIAL

FECHA

UBICACIÓN

ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

LAMINA #

2-C

ESCALA

1:300

SIMBOLOGÍA – SEÑALIZACIÓN VIAL	
LEYENDA	DESCRIPCIÓN
SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
	SEÑALES PREVENTIVAS
	SEÑALES REGLAMENTARIAS
	DELINEADOR VERTICAL DIRECCIONAL (GUIA – CURVA HORIZONTAL)
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
	LINEA LONGITUDINAL CONTINUA (0.15 m ANCHO)
	LINEA LONGITUDINAL DISCONTINUA (0.15 X 4.5) ESPACIADO ENTRE LINEA 3 M
	PASO PEATONAL EN CEBRA 0.40 M ANCHO POR LINEA
ESCUELA	LEYENDA – APROXIMACIÓN ESCUELA
	FLECHAS DIRECCIONALES
DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD VIAL	
	REDUCTOR DE VELOCIDAD





MATCH LINE – 3 SECTION 1 – 0+372.00

PC: 0+360.69

0+250 0+260 0+270 0+280 0+290 0+300 0+310 0+320 0+330 0+340 0+350 0+360 0+370

Long=140.99m
N31° 45' 45"E



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.	**PROYECTO** DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE 6 KM DEL TRAMO ALTOS DE MASAYA - LA CARBONERA EN EL MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**PRESENTADO POR** Br. Josias Benjamín Gallegos Mercado. Br. Cairo Eduardo Palacios Espinoza. Br. Ricardo José Zepeda Noguera.	**TUTOR (A)** Msc. Ing. Darwing Gustavo Centeno Arauz.	**CONTENIDO** SEÑALIZACIÓN VIAL **FECHA**	**UBICACIÓN** ALTOS DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	**LAMINA #** 3-C **ESCALA** 1:300

Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8:CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

GALLEGOS MERCADO JOSIAS BENJAMÍN

Carné: **2020-0544I** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2024 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diecinueve días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

Matilde Belén Avilez Medal
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

Telf: (505) 8645 4064
Recinto Universitario Simón Bolívar,
Avenida Universitaria
Managua, Nicaragua.
marcela.galan@dacia.uni.edu.ni
www.ium.edu.ni

CONSTANCIA

La Suscrita secretaria Académica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) **Ing. Beatriz de los Ángeles Torrez Rodríguez**, hace constar que: **PALACIOS ESPINOZA CAIRO EDUARDO**, **carnet: 2020-0753I**, con Plan de Asignatura **2020** de conformidad con el Reglamento Académico vigente, ha aprobado las asignaturas del Programa Académico **Ingeniería Civil** en el II Semestre 2025, quedando pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio que lo acredite como Ingeniero Civil.

Se extiende la presente constancia para los fines que estime conveniente, dado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de enero del año dos mil veintiséis.

Atentamente,

Secretaría Académica
REPÚBLICA DE NICARAGUA
DACAC UNI

MSc. Beatriz de los Ángeles Torrez Rodríguez
SECRETARIO DE AREA ACADÉMICA

CC: Archivo – Secretaría.

Teléfono (505)8379890

Recinto Universitario Simón Bolívar.
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.

beatriz.torrez@uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8:CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

ZEPEDA NOGUERA RICARDO JOSÉ

Carné: **2020-0559I** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2024 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diecinueve días del mes de marzo del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

SECRETARÍA ACADÉMICA DACIA
REPÚBLICA DE NICARAGUA
SA - DACIA - UNI

Matilde Belén Avilez Medal
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

Telf: (505) 8645 4064

Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria
Managua, Nicaragua.

marcela.galan@dacia.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 19-mar.-2025

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6B-B5886-0		
NOMBRE	GALLEGOS MERCADO JOSIAS BENJAMÍN		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	**SEXO**	M
AÑO MATRICULADO	6	**GRUPO**	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	2020

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

FECHA: 18/05/2026

Creado Por: ISOZA
Actualizado Por:

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6B-776C1-5		
NOMBRE	PALACIOS ESPINOZA CAIRO EDUARDO		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	**SEXO**	M
AÑO MATRICULADO	6	**GRUPO**	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	2024

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

FECHA: 19/05/2026

Creado Por: ETORRES
Actualizado Por:

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6F-A59F0-0		
NOMBRE	ZEPEDA NOGUERA RICARDO JOSÉ		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	**SEXO**	M
AÑO MATRICULADO	6	**GRUPO**	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	2020

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

FECHA: 18/05/2026

Creado Por: ETORRES
Actualizado Por: