

Área del Conocimiento de Ingeniería y Afines

DIAGNÓSTICO DE SEGURIDAD VÍAL EN EL TRAMO KM 21 EMPALME TIPITAPA– KM 26 CAMILO ORTEGA NIC-11A, MUNICIPIO DE TIPITAPA, DEPARTAMENTO DE MANAGUA

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero civil

Elaborado por:

Br. Allan Soel
González Cáceres

Carnet: 2017-0962U

Br. Kevin Stalin Valle
Robleto

Carnet: 2018-0642U

Tutor:

Msc. Gioconda Isabel
Juárez Romero

14 de octubre de 2024
Managua, Nicaragua

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la sabiduría, inteligencia, salud y la oportunidad de estar a punto de culminar mis estudios en la carrera que desde niño siempre añoré estudiar.

A mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

A mi tutora por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Por último, agradecer a la universidad que me dio la oportunidad de estudiar de manera gratuita en la mejor casa de estudios de Ingeniería en Nicaragua, también por la alta exigencia puesta por los profesores porque eso me ha ayudado a siempre dar mi mayor esfuerzo en todo lo que hago.

Br. Allan Soel González Cáceres

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios nuestro señor Jesucristo, pues de él depende todas las cosas; me presta la vida y me regala el aire que respiro, me ha provisto de fuerzas, salud e inteligencia durante todos estos años de estudiante, porque por su amor y misericordia estoy a punto de culminar esta etapa tan importante en mi vida

A mis padres que siempre me han dado y me darán su apoyo incondicional en cada paso de mi vida, ayudándome a que tenga todo lo necesario para enfrentar cada reto, tanto en lo material como en los consejos y sabiduría que Dios ha puesto en ellos para que me guíen en el buen camino.

A todos mis familiares y amigos que siempre han estado para mi tanto en los momentos de alegría como en los de tristeza, siempre todo su apoyo ha sido de gran ayuda para hoy ser la persona que soy y poder aspirar aportar muchas cosas valiosas a la sociedad y hacer cambios para bien.

Br. Allan Soel González Cáceres

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco profundamente a mis padres por todos los sacrificios que hicieron el toda mi vida, la fortaleza que me demostraron y la incondicional ayuda fueron pilares fundamentales. Mi novia por demostrarme su amor incondicional su sincera ayuda y estar para mi cuando lo necesité es un pilar fundamental en mí vida y muy especial para mí.

Al Estado de la Republica de Nicaragua por crear las condiciones, servicios y políticas de las que siempre me he beneficiado por la cual de una manera desinteresada se me ha otorgado el derecho de la salud y la educación básica y universitaria por lo cual ahora recae en mi retribuir a nuestro país todo lo que he recibido siendo un ciudadano ejemplar.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio por ser mi casa de estudios y haber contribuido a mi formación profesional. Todo el gremio de profesores que me brindaron la enseñanza correcta para concluir mis estudios.

Mi tutora M.Sc. Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero por la disposición a ayudarme, guiarme, corregirme con sus conocimientos durante esta etapa de culminación de estudios que hicieron que realizara un excelente trabajo.

A la Dirección de Seguridad Vial de la Policía Nacional por brindarme y proporcionarme la información adecuada y el apoyo a la realización de mi monografía.

Br. Kevin Stalin Valle Robleto

DEDICATORIA

La presente monografía la dedico a todas las personas que han fundamentado su vida a la mejoría del mundo donde vivimos, quien aun a pesar de sus limitaciones y miedos siempre han sabido entender el alcance de las acciones humanas cuando estas se comprometen acciones bien intencionadas con la finalidad que cada persona y ser vivo tenga un futuro mejor, donde a pesar que todos nos podamos equivocar y tampoco se pueda cambiar el mundo de una manera gloriosa, a pesar de ello, siempre se mantiene en alto los principios entendiendo que sean seres imperfectos los que logren con cada acción grande o pequeña dejar las cosas mejor de cómo se encuentran para así todos juntos crear un mundo mejor.

Br. Kevin Stalin Valle Robleto

RESUMEN EJECUTIVO

- **CAPITULO I: GENERALIDADES.**

En este capítulo se detallarán conceptos fundamentales, así como la metodología científica, la estructura que se tomara y el objetivo de este documento para realizar el acometido de este documento el cual es un estudio de accidentalidad.

- **CAPITULO II: MARCO TEORICO.**

En este capítulo tiene como objetivo proporcionar una base conceptual y contextual para el desarrollo del tema planteado. En esta sección, se abordarán las teorías y conceptos clave que sustentan la investigación y que son esenciales para comprender los fundamentos del proyecto.

La importancia de este marco teórico radica en su capacidad para orientar el desarrollo del proyecto, permitiendo una interpretación adecuada de los resultados obtenidos y asegurando que las decisiones tomadas durante el proceso de diseño y ejecución estén bien fundamentadas.

- **CAPITULO III: ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.**

En esta sección, se presentan y analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo del tema presentado. El análisis de los datos recolectados es fundamental para evaluar los parámetros de seguridad, nivel de servicio y capacidad vial. A través de gráficos, tablas y descripciones detalladas, se expondrán los hallazgos más relevantes, permitiendo una comprensión clara y precisa de los resultados. Este análisis exhaustivo proporcionará una base sólida para las conclusiones y recomendaciones finales del proyecto.

1. ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD.

En este capítulo se explorará detalladamente el procedimiento para realizar la síntesis de los datos de los accidentes ocurridos en el tramo obtenidos de la policía nacional donde se analizará la incidencia de accidentes, sus causas, sus consecuencias y las circunstancias para luego evaluar los datos y así obtener la ubicación de los puntos críticos.

2. ESTUDIO DE TRÁFICO.

En el capítulo tres se abordará la descripción detallada de las características y adiciones del tramo en estudio como lo son localización geográfica, clasificación funcional, características geométricas y topográficas, estado físico del pavimento, uso del suelo, drenaje mayor y menor, bahía para buses, señalización vertical y horizontal con el propósito de clasificarlas en buena, regular y mala para evaluar el riesgo debido a las condiciones que presenta la vía.

3. INVENTARIO VIAL.

El capítulo cuatro abordará temas relacionados con los volúmenes de tránsito, comportamiento del flujo vehicular y la determinación de los niveles de servicio en la estación inicial y final. Temas que tienen mucha relación con la accidentabilidad.

4. ESTUDIO DE VELOCIDAD.

En el capítulo cinco se explicará lo que se realizó en el estudio de velocidad. El propósito de esta investigación es determinar la velocidad con que operan los vehículos, para verificar si es una causa de accidentes.

5. SOLUCIONES PROPUESTAS.

Este capítulo muestra las posibles soluciones o propuestas viales a la problemática que existe en el tramo km 21+000 al km 26+000 del municipio de Tipitapa, del estudio de seguridad vial.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En las conclusiones y recomendaciones se obtienen resultados de los estudios levantados, elaborados y estudiados, que permitieron hacer un diagnóstico de la accidentabilidad que ocurre en este segmento de carretera asimismo se hacen las recomendaciones para la reducción de la problemática existente.

INDICE

I. GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación.....	3
II. MARCO TEORICO.....	5
2.1 Estudio de accidentalidad	5
2.1.1 Introducción.....	5
2.1.2 Estudio de accidentes	6
2.1.3 Accidentes por tipo	8
2.1.4 Accidente por periodicidad	8
2.1.5 Análisis de accidentabilidad.....	9
2.2 Inventario vial	10
2.2.1 Introducción.....	10
2.2.2 Clasificación funcional.....	10
2.2.3 Uso del suelo.....	11
2.2.4 Pendiente del terreno	11
2.2.5 Sección transversal	11
2.2.6 Señalización vertical.....	13
2.2.7 Postes kilométricos.....	17
2.2.8 Postes guías.....	17
2.2.9 Bahías para autobuses.....	18
2.2.10 Señalización horizontal.....	18
2.2.11 Drenaje.....	20

2.3 Estudio de velocidad.....	23
2.3.1 Introducción.....	23
2.3.2 Estudio de velocidad	23
2.3.3 Lugar del estudio de velocidad de punto	24
2.3.4 Tamaño apropiado de la muestra <i>n</i>	24
2.3.5 Recolección de datos	25
2.3.6 Calculo	25
2.4 Estudio de tráfico	26
2.4.1 Introducción.....	26
2.4.2 Aforo vehicular.....	26
2.4.3 Trafico promedio diario anual TPDA.....	27
2.4.4 Distribución direccional por sentido	27
2.4.5 Horas máxima demanda y factor hora de máxima demanda	28
2.4.6 Estudio de niveles de servicio	28
2.4.7 Procedimiento para la estimación del Nivel de Servicio	32
2.4.8 Cálculo de la capacidad de la estación por velocidad de desplazamiento <i>ATSd</i> y por demoras <i>PTSFd</i>	33
III. ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.....	35
3.1 Estudio de accidentalidad	35
3.1.1 Introducción.....	35
3.1.2 Estudio de accidentes	37
3.1.3 Análisis en la causa de los accidentes	39
3.1.4 Accidentes por periodicidad	42
3.1.5 Análisis de accidentabilidad.....	50
3.1.6 Accidentes por puntos críticos.....	50
3.1.7 Magnitud del problema	55
3.2 Inventario vial	66
3.2.1 Introducción.....	66

3.2.2	Identificación del tramo.....	66
3.2.3	Clasificación funcional.....	66
3.2.4	Uso del suelo.....	66
3.2.5	Condiciones actuales del pavimento.....	67
3.2.6	Topografía del terreno.....	70
3.2.7	Sección transversal.....	73
3.2.8	Señalización vertical.....	79
3.2.9	Postes kilométricos.....	84
3.2.10	Postes Guías.....	87
3.2.11	Bahías para autobuses.....	88
3.2.12	Señalización horizontal.....	90
3.2.13	Drenaje mayor y menor.....	92
3.3	Estudio de velocidad.....	96
3.3.1	Introducción.....	96
3.3.2	Estudio de velocidad.....	96
3.3.3	Velocidad de punto.....	96
3.4	Estudio de tráfico.....	110
3.4.1	Introducción.....	110
3.4.2	Aforo vehicular.....	111
3.4.3	Estudio de niveles de servicio.....	132
3.5	Propuestas técnicas.....	175
3.5.1	Introducción.....	175
3.5.2	Actividades propuestas.....	175
3.6	Conclusiones.....	179
3.7	Recomendaciones.....	181

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las señales reglamentarias	14
Tabla 2 Clasificación de señales preventivas.....	15
Tabla 3 Clasificación de señales informativas.....	16
Tabla 4 Dimensiones mínimas de las cunetas.	22
Tabla 5 Accidentes de tránsito registrados en el tramo en los últimos cinco años	35
Tabla 6 Evolución entre morbilidad y mortalidad de los accidentes de tránsito en el tramo.	38
Tabla 7 Causas inmediatas de los accidentes.....	39
Tabla 8 Cantidad de accidentes por causas inmediatas	40
Tabla 9 Evolución de la tipología entre los accidentes de tránsito.	41
Tabla 10 Accidentalidad ocurrida entre cada hora por cada año.	43
Tabla 11 Accidentes por día.....	46
Tabla 12 Incidencia de accidentes por mes en cada año de análisis.	49
Tabla 13 Accidentes por puntos críticos.....	52
Tabla 14 Población total del municipio de tipitapa por cada año.	55
Tabla 15 Indices de accidentalidad respecto a la población.....	57
Tabla 16 Cálculo del índice de accidentalidad a escala nacional con respecto a la población.....	58
Tabla 17 Comparación entre el índice de accidentalidad con respecto a la población nacional y del tramo en estudio.....	58
Tabla 18 Parque vehicular del departamento de managua y a nivel nacional....	60
Tabla 19 Indices de accidentalidad respecto al parque vehicular.....	61
Tabla 20 Cálculo del índice de accidentalidad a escala nacional con respecto al parque vehicular.....	62
Tabla 21 Comparación entre el índice de accidentalidad con respecto al parque vehicular nacional y del tramo en estudio.....	63
Tabla 22 Indices de accidentalidad respecto al kilometraje de viaje.	65
Tabla 23 Criterios para evaluar una superficie de rodamiento.	67
Tabla 24 Estado de la carpeta de rodamiento del tramo.	68

Tabla 25 Clasificación de los terrenos en función de las pendientes.	70
Tabla 26 Pendiente por cada 100 metros del tramo.....	71
Tabla 27 Características físicas y geométricas de una carretera en centroamérica.	73
Tabla 28 Elementos geométricos de la vía.....	74
Tabla 29 Tipos de señales verticales en el tramo.....	79
Tabla 30 Características del estado de las señales verticales	80
Tabla 31 Estado de las señales verticales encontradas.....	80
Tabla 32 Parámetros de distancias de señales verticales.....	83
Tabla 33 Comparación entre las señales verticales encontradas y las normas del sieca.....	83
Tabla 34 Postes kilométricos encontrados en el tramo.	84
Tabla 35 Estado de los postes kilométricos	85
Tabla 36 Postes guías encontrados en el tramo	87
Tabla 37 Dimensiones típicas para una bahía de autobuses.	88
Tabla 38 Bahías de autobuses existentes en el tramo de estudio.....	88
Tabla 39 Comparación de las dimensiones de las bahías con los parámetros mínimos sieca.	89
Tabla 40 Paradas de buses informales encontradas en el tramo.....	90
Tabla 41 Clasificación del estado de las señales horizontales.....	91
Tabla 42 Estado del drenaje encontrado en el tramo.....	93
Tabla 43 Drenajes encontrados en el tramo de estudio.	94
Tabla 44 Distribución de la muestra por cada tipo de vehículo y sentido del flujo.	100
Tabla 45 Cálculo de la velocidad por tipo de vehículo en la dirección tipitapa- masaya.....	101
Tabla 46 Cálculo de la velocidad por tipo de vehículo en la dirección masaya- tipitapa.....	104
Tabla 47 Estudio de velocidad de la estación 25+490.....	106
Tabla 48 Estudio de velocidad de la estación 25+490.	106
Tabla 49 Estudio de velocidad en todo el tramo.....	107

Tabla 50 Estudio de velocidad de la estación 25+490.	108
Tabla 51 Estudio de velocidad de la estación 25+490	109
Tabla 52 Aforo vehicular por día.....	114
Tabla 53 Factores de expansión para el tpd, tpds y tpda para el tercer cuatrimestre.	117
Tabla 54 Resumen del cálculo de expansión de conteo diurno de 12 horas a trafico promedio diario para la estación del aforo norte.	119
Tabla 55 Resumen del cálculo de expansión de conteo diurno de 12 horas a trafico promedio diario para la estación del aforo sur.....	119
Tabla 56 Resumen del cálculo de expansión de conteo diario de martes a jueves a trafico promedio diario semanal.	122
Tabla 57 Resumen del cálculo de expansión de conteo diario de martes a jueves a trafico promedio diario semanal.	122
Tabla 58 Resumen del cálculo de expansión de tpds a tpda para la estación norte.	125
Tabla 59 Resumen del cálculo de expansión de tpds a tpda para la estación sur.	125
Tabla 60 Distribución direccional estación norte	127
Tabla 61 Distribución direccional estación sur.....	127
Tabla 62 Número de vehículos en horas de máxima demanda.....	128
Tabla 63 Tabla resumen de v15 en la estación norte.....	129
Tabla 64 Tabla resumen de v15 y cálculo del factor horario de máxima demanda en la estación norte	130
Tabla 65 Tabla resumen de v15 en la estación sur	130
Tabla 66 Tabla resumen de v15 y cálculo del factor horario de máxima demanda en la estación sur	130
Tabla 67 Resumen de hora de máxima demanda por estación de conteo.....	131
Tabla 68 Datos de entrada de la estación norte.	132
Tabla 69 Datos de entrada de la estación sur.	133
Tabla 70 Factor ajuste para el ancho de carril.....	134
Tabla 71 Puntos de acceso por milla (dos direcciones).	136

Tabla 72 Calculo sobre el factor de ajuste por puntos de acceso.	136
Tabla 73 Velocidad de flujo libre FFS de la estación norte y sur.	137
Tabla 74 Valores obtenidos de vph para la estación norte y sur.	138
Tabla 75 Valores obtenidos de vph para la estación norte y sur.	139
Tabla 76 Factor de ajuste por pendiente fg, ATS en la dirección de análisis.	139
Tabla 77 Factor de ajuste por pendiente fg, ATS en la dirección opuesta de análisis.	140
Tabla 78 Equivalencia de vehículos de pasajeros por vehículos pesados y recreacionales	141
Tabla 79 Factor de ajuste por vehículos pesados y recreacionales.	142
Tabla 80 Equivalencia de vehículos de pasajeros por vehículos pesados y recreacionales	142
Tabla 81 Factor de ajuste por vehículos pesados y recreacionales.	143
Tabla 82 Porcentaje de flujo de demanda para calcular la velocidad media de recorrido ats.	144
Tabla 83 Porcentaje de flujo de demanda para calcular la velocidad media de recorrido ats.	144
Tabla 84 Resumen del cálculo de vph para ambas direcciones en ambas estaciones.	146
Tabla 85 Factor de grado de ajuste por zonas de no rebase Fnp, ATS en la dirección de análisis.	147
Tabla 86 Velocidad promedio en marcha de la dirección de análisis ATSD.	148
Tabla 87 Factor de grado de ajuste por zonas de no rebase Fnp, ATS en la dirección opuesta al análisis.....	148
Tabla 88 Velocidad promedio en marcha de la dirección opuesta al análisis ATSo.	149
Tabla 89 Resumen del cálculo de ats para ambas direcciones en cada estación.	150
Tabla 90 Factor de grado de ajuste vph.	151
Tabla 91 Factores de ajuste por pendiente fg, PTSF terrenos planos y pendientes especificas.....	151

Tabla 92 Factores de ajuste por pendiente f_g , PTSF terrenos planos y pendientes esp.	152
Tabla 93 Porcentaje de demoras subiendo (ptsf) vehículos equivalentes para camiones (et) y vehículos de recreo (er). en terreno ondulado y pendientes específicas.	153
Tabla 94 Factor de grado de ajuste por vehículos pesados.	154
Tabla 95 Porcentaje de demoras subiendo (ptsf) vehículos equivalentes para camiones (et) y vehículos de recreo (er). en terreno ondulado y pendientes específicas.	155
Tabla 96 Factor de grado de ajuste por vehículos pesados.	156
Tabla 97 Factor de ajuste al volumen de demanda por demora promedio.....	156
Tabla 98 Factor de ajuste al volumen de demanda por demora promedio.....	157
Tabla 99 Volumen de demanda vehicular por demoras por dirección para cada estación.	157
Tabla 100 Coeficientes para demoras (ptsf) para la ecuación 29 para estimar el b_{ptsfd}	159
Tabla 101 Coeficientes para demoras (ptsf) de ambas estaciones.	159
Tabla 102 Resumen del cálculo del BPTSFD en la dirección de análisis para satisfacer la ecuación 28.	160
Tabla 103 Coeficientes para demoras (ptsf) para la ecuación 29 para estimar el b_{ptsfo}	160
Tabla 104 Resumen del cálculo del BPTSFD en la dirección opuesta a la de análisis para satisfacer la ecuación 28.....	161
Tabla 105 Factor BPTSF en cada dirección por estación.	161
Tabla 106 Volumen de demanda direccional total en la estación.....	161
Tabla 107 Factor de ajuste por zonas de no rebase (f_{np} , PTSF) para determinar el ptsf.....	162
Tabla 108 Factor de ajuste por zonas de no rebase (f_{np} , PTSF) en cada estación.	163
Tabla 109 Resumen del cálculo del porcentaje de demoras en el flujo vehicular PTSFD en la dirección de análisis.....	163

Tabla 110 Resumen del cálculo del porcentaje de demoras en el flujo vehicular PTSFd en la dirección de análisis.....	164
Tabla 111 Resumen de los valores de ATSD y PTSFd en cada estación.....	165
Tabla 112 Niveles de servicio para carreteras de dos carriles los de la estación norte dirección de análisis.	165
Tabla 113 Niveles de servicio para carreteras de dos carriles los de la estación sur dirección de análisis.	166
Tabla 114 Niveles de servicio para carreteras de dos carriles los de la estación norte en la dirección opuesta de análisis.....	167
Tabla 115 Niveles de servicio para carreteras de dos carriles los de la estación sur en la dirección opuesta de análisis.....	168
Tabla 116 Resumen de cálculo de capacidad ATSD.....	170
Tabla 117 Resumen de cálculo de capacidad PTSFd.	171
Tabla 118 Resumen de cálculo de capacidad ATSD.....	171
Tabla 119 Resumen de cálculo de capacidad PTSFd.	172
Tabla 120 Resumen de los cálculos realizados en la dirección de análisis.....	174
Tabla 121 Resumen de los cálculos realizados en la dirección opuesta de análisis.	174
Tabla 122 Propuesta de pintura en señales horizontales.....	176
Tabla 123 Propuesta de señales verticales.....	177

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Flujograma del procedimiento del cálculo del nivel de servicio.....	32
Gráfico 2 Evolución de la accidentalidad en el tramo.....	36
Gráfico 3 Evolución de la accidentalidad, morbilidad y mortalidad del tramo.	38
Gráfico 4 Comparación grafica de la accidentalidad ocurrida entre día de semana por cada año.	44
Gráfico 5 Porcentaje promedio de la incidencia de accidentes por hora.....	45
Gráfico 6 Comparación grafica de la accidentalidad ocurrida entre día de semana por cada año.	47
Gráfico 7 Porcentaje promedio de la accidentalidad en el periodo en estudio por cada día de la semana	48
Gráfico 8 Representación gráfica de la accidentalidad ocurrida por mes en cada año.	50
Gráfico 9 Ubicacion de los puntos criticos.....	53
Gráfico 10 Representación gráfica de la variación de accidentes ocurridos año en cada punto crítico.	54
Gráfico 11 Porcentaje de los accidentes de tráfico ocurridos en cada punto crítico.	54
Gráfico 12 Vista aérea del empalme tipitapa estación 21+900.....	78
Gráfico 13 Tipos de señales verticales en el tramo.....	79
Gráfico 14 Estado de las señales verticales.....	81
Gráfico 15 Estándares de colocación de señales informativas.....	82
Gráfico 16 Estado de las señales horizontales del tramo en estudio.	92
Gráfico 17 Estado del drenaje.	93
Gráfico 18 Imagen satelital del punto del estudio vehicular.....	98
Gráfico 19 Cantidad de vehículos que exceden el límite de velocidad por dirección.	107
Gráfico 20 Consolidado del estudio de velocidad por tipo de vehículo.....	108
Gráfico 21 Consolidado del estudio de velocidad por tipo de vehículo.....	109
Gráfico 22 Ubicacion de los puntos de aforo.....	112
Gráfico 23 Clasificación por tipo de vehículos.....	113

Gráfico 24 Aforo vehicular por día en cada estación de conteo.	114
Gráfico 25 Volúmenes vehiculares por cada 15 minutos v15 por cada estación.	129
Gráfico 26 Comparación entre factores horarios de máxima demanda de ambas estaciones.	131
Gráfico 27 Bahía típica de parada (2 buses) con separador.	177
Gráfico 28 Micro localización del tramo.....	I
Gráfico 29 Macro localización del tramo.....	II
Gráfico 30 Comienzo del tramo km 21+000	III
Gráfico 31 Vista aérea del empalme tipitapa km21+800	IV
Gráfico 32 Cruce de tipitapa km 21+800	V
Gráfico 33 Cruce de tipitapa km 21+700	V
Gráfico 34 Casco urbano de tipitapa estación 22+700	VI
Gráfico 35 Cementerio sur de tipitapa	VII
Gráfico 36 Estación de buses del parque industrial tipitapa.	VII
Gráfico 37 Sistema penitenciario integral de mujeres km 24+860.....	VIII
Gráfico 38 Final del tramo km 26+000.....	IX



**CAPITULO I:
GENERALIDADES.**

I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Los accidentes de tránsito representan una de las mayores causas de mortalidad en Nicaragua, debido a las graves consecuencias tanto humanas, económicas y sociales, se puede constituir como un problema social y de salud pública. Los hechos viales ocasionan numerosos costes sociales, no solo en pérdida de vidas sino también en forma de lesiones temporales o permanentes a personas involucradas en accidentes de tránsito.

Según los datos proveídos por la Dirección de Seguridad Vial de la Policía Nacional el tramo en cuestión posee una intercepción llamada “Empalme Tipitapa” con una alta incidencia de accidentes de tránsito debido a que esta posee un diseño vial confuso por ende se plantea una necesidad de un estudio de seguridad vial es la NIC-11, iniciando en el km 21+000 empalme Tipitapa hasta el Km 26+000 Camilo Ortega Tipitapa - Masaya, debido a ello se plantea la posibilidad de acrecentar la seguridad planteando soluciones técnicas.

Para dar solución sería preciso realizar investigaciones estadísticas y estudios de campo para así generar nuevos datos para comprender las causas de los accidentes, los puntos críticos, la contabilización de la infraestructura vial, así como las características del flujo vehicular.

Este estudio se realizará con el fin de revisar, corregir y mejorar seguridad de la vía y señalización de ésta para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un accidente de tránsito, esto se hará analizando el comportamiento de los volúmenes de tránsito, velocidad, el estado físico y geométrico de la vía.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Realizar un diagnóstico de seguridad vial en el tramo Km 21+000 Empalme Tipitapa al Km 26+000 Camilo Ortega NIC-11A, Municipio de Tipitapa Departamento de Managua.

1.2.2 Objetivos específicos

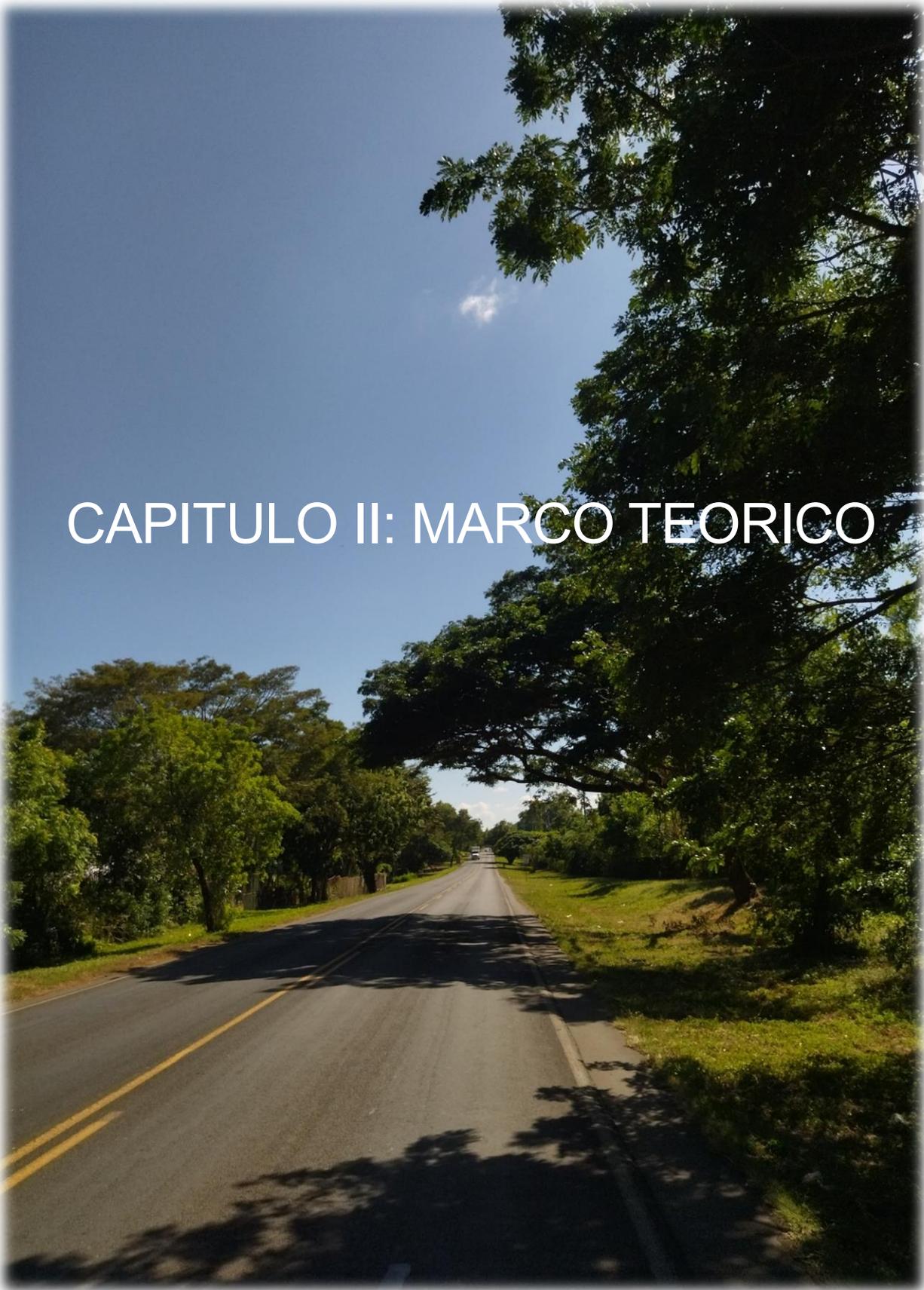
- Realizar un análisis de accidentalidad mediante el procesamiento de datos para la identificación de los puntos críticos del tramo proporcionado por la dirección de ingeniería vial de la Policía Nacional.
- Ejecutar un inventario vial a través de una inspección visual y medición, que otorgue una perspectiva de los elementos físicos y geométricos de la vía existente.
- Efectuar un estudio de velocidad mediante la determinación de la velocidad de punto para la evaluación del comportamiento del flujo vehicular respecto a los límites de velocidad.
- Realizar un estudio de tráfico, a través de la realización de aforos vehiculares del tramo en estudio, a fin de que se conozcan los volúmenes de circulación, tipo de demanda, nivel de servicio y clasificación en la zona de estudio.
- Proponer soluciones técnicas mediante los métodos de seguridad vial propuestos que permitan la mejoría de la seguridad del tramo en estudio.

1.3 Justificación

El presente diagnóstico vial viene con la finalidad de dar respuestas a las necesidades de seguridad vial en el tramo, debido a que este funciona como una circunvalación a la ciudad de Managua por parte del flujo nacional e internacional de transporte además de interconectar varios municipios, por ende, comunidades y zonas productivas.

Este documento investigativo podrá ser empleada para tener un mayor control de los puntos críticos, así como para formular soluciones factibles desde el punto de vista técnico para las principales causas de accidentalidad para así aumentar la seguridad en el tramo.

En las diversas visitas a campo que se realizaron a lo largo del tramo se pudieron encontrar un par de cruces de seres humanos, familiares a lo cual durante un recorrido a sus trabajos o viviendas simplemente no pudieron volver a ver a su familia, llenando de dolor a dos hogares nicaragüenses por lo cual en memoria a todas las personas que sufren accidentes de tránsito hasta llegando a perder la vida realizamos junto con tantos otros colegas cientos de documentos con la esperanza que ya no hayan accidentes en las vías y que todos vayamos poco a poco creando un mundo mejor.



CAPITULO II: MARCO TEORICO

II. MARCO TEORICO

La seguridad vial es un componente esencial para el desarrollo sostenible de las sociedades modernas. A medida que las ciudades crecen y la movilidad se intensifica, la prevención de accidentes de tránsito y la minimización de sus consecuencias se convierten en prioridades fundamentales. Este capítulo tiene como objetivo establecer el marco teórico que sustentará el presente estudio sobre seguridad vial, proporcionando una base conceptual sólida y contextualizando la problemática en cuestión.

En primer lugar, se abordarán las definiciones clave y los conceptos fundamentales relacionados con la seguridad vial, tales como seguridad activa y pasiva, infraestructura vial, y comportamiento del usuario.

2.1 Estudio de accidentalidad

2.1.1 Introducción

El estudio de accidentabilidad es el análisis del inventario de accidentes provistos por las instituciones pertinentes, para que, mediante el uso de un conjunto de procedimientos matemáticos y un análisis de datos, se pueda verificar la existencia de puntos críticos o tramo de concentración de accidentes identificando aquellos sitios en los cuales se da mayor recurrencia de accidentes y así poder promover soluciones.

El estudio de accidentalidad tiene como objetivo la investigación de las causas y ubicaciones de los accidentes con la finalidad de en un futuro prever posibles faltas en la seguridad vial y, asimismo, trabajar en la prevención de estos siniestros, conociendo las causas que los originan y tomar medidas para que este riesgo disminuya.

Un punto crítico es aquel lugar en una red de carreteras donde se han producido tres o más accidentes con víctimas en un año natural, con una separación máxima entre uno y otro de 100 metros. La identificación de estos puntos críticos es importante para la seguridad vial, ya que permite a las

autoridades tomar medidas para reducir la accidentalidad en esas áreas durante cinco años seguidos. (Cal & Cárdenas Giraes, 2018)

El flujo vehicular es muy susceptible a las irregularidades y puntos de confrontación en la vía tales como las intercepciones y cambios en la sección de la vía, así como la frucción debido al estado de la calzada u obstáculos, todo esto puede generar problemas de congestión vial que se traducen en demoras en varios puntos y tramos, cabe recalcar que las intercepciones al poder concurrir una mayor cantidad de trayectorias en una misma área entonces la misma tiende a ser un punto crítico.

2.1.2 Estudio de accidentes

Desde la invención del vehículo automotor como medio de transporte humano, los accidentes de tránsito se han convertido en un problema social, ya que cada año cobra un sinnúmero de vidas y causa muchas pérdidas económicas y sufrimiento a las familias afectadas. La escases de seguridad vial afecta la población en general, pero es más frecuente en zonas urbanas y entre grupos de alta vulnerabilidad, como son los niños y personas de edad avanzada, motociclistas y ciclistas.

2.1.2.1 Análisis en la causa de los accidentes

El Agente de Tránsito es la persona con la responsabilidad oficial de rendir el informe de cada accidente de tránsito. En su informe está la base de la estadística vital del tránsito. De acuerdo con el criterio de esta persona, los informes perfilan la “causa” del accidente. Sólo podrá ser “causa aparente” hasta tanto el análisis correspondiente dictamine la “causa real”.

Analizando debidamente las causas aparentes, con frecuencia se pueden determinar las causas reales. Estas permitirán saber si la falla de la operación del tránsito dependió de la carretera o calle, del vehículo o del usuario. Al determinar la causa real, será fácil fijar las medidas necesarias para contrarrestarla, eliminando o disminuyendo el resultado negativo.

- No guardar distancia: Según (Policia Nacional, 2022) la Ley 431, Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito en el artículo 25 y 26 esta maniobra está dentro de las infracciones peligrosas. No mantener las distancias de seguridad supone un peligro para la circulación y se comete con mucha frecuencia en los accidentes de tráfico hoy en día. Esta causa se genera al no considerar el espacio suficiente con el vehículo que circula adelante, se requiere de un tiempo de reacción para aplicar los frenos, este tiempo está relacionado con la distancia y velocidad de los automotores en la vía.
- Invadir carril: Según (Policia Nacional, 2022) Ley 431 Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito en los artículos 92,95,97,99 y 100 esta maniobra está dentro de las infracciones peligrosas. Un conductor penetra en el carril que utiliza correctamente otro vehículo, generalmente con intenciones de adelantarlo, donde este tramo tiene línea de continuidad amarilla con restricción de adelantamiento.
- Giros indebidos: Según (Policia Nacional, 2022) la Ley 431, Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito en el artículo 25 y 26, esta infracción se clasifica como de mayor peligrosidad ya que los conductores toman la decisión de realizar giros donde no se debe hacer o giran de forma imprevista cuando se van desplazando en la vía y sin poner sus señales adecuadas de giro para el conductor que lo sigue.
- Desatender señales de tránsito: Según (Policia Nacional, 2022) Ley 431, Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito en el artículo 25 y 26, se encuentra dentro de las infracciones de mayor peligrosidad.

- Falta de pericia: Según (Policía Nacional, 2022) Ley 431, Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito en el artículo 25 y 26, es la falta de habilidad y experiencia en la vía, el conductor está expuesto a distintas situaciones de riesgo ante una emergencia.

2.1.3 Accidentes por tipo

Los accidentes de tránsito son un problema que afecta a muchas personas en todo el mundo. Cada año, miles de personas se ven involucradas en colisiones, atropellos y otros incidentes en las vías, lo que genera no solo daños materiales, sino también consecuencias emocionales y físicas para los afectados. Hay una gran variedad de tipos de accidentes, cada uno con sus propias causas y características. En este apartado, se analizará los diferentes tipos de accidentes según la clasificación obtenida de los datos estadísticos proporcionados por la dirección de tránsito nacional de la Policía Nacional.

2.1.4 Accidente por periodicidad

En esta sección del documento se segregará los accidentes registrados en el inventario vial por mes, por día y por hora, a fin de observar el comportamiento de los accidentes según su periodicidad y así tener una idea clara de la distribución de la frecuencia de los accidentes a lo largo de las diferentes unidades de tiempos.

2.1.4.1 Análisis de accidentes por hora

El análisis por hora hace referencia a la cantidad de accidentes ocurridos por hora con la finalidad de indagar sobre los patrones de distribución de los mismos.

2.1.4.2 Análisis de accidentes por día

El análisis de accidentes por día se realiza segregando los accidentes proveídos por el inventario de accidentes entre los días de la semana para así evidenciar la distribución de la accidentalidad a lo largo de las semanas del año.

2.1.4.3 Análisis de accidentes por mes

El análisis por mes tiene la finalidad de segregar los datos de los accidentes proveídos por el inventario de accidentes en los meses del año para así deslumbrar la distribución de los accidentes en el año.

2.1.5 Análisis de accidentabilidad

El estudio de accidentabilidad hace referencia al análisis de los puntos críticos o tramo de concentración de accidentes, según la Dirección General de Tránsito Nacional; un accidente es la acción u omisión culposa cometida por cualquier conductor, pasajero o peatón en la vía pública o privada causando daños materiales, lesiones o muerte de personas, donde interviene por lo menos un vehículo en movimiento.

La institución de la Policía Nacional proveyó de los datos de accidentalidad del municipio de Tipitapa con el fin de realizar el análisis de accidentalidad que procederá a realizar a continuación.

2.1.5.1 Accidentes por puntos críticos

Los Puntos Críticos son lugares donde los índices de peligrosidad y severidad, así como, las frecuencias de mortalidad y morbilidad presentan valores elevados.

La Policía Nacional define el término "Tramos de concentración de accidentes" aquellos tramos de hasta 1 Km de carretera en los que ocurren tres o más accidentes por año durante un periodo mínimo de tres años.

2.2 Inventario vial

2.2.1 Introducción

Según el Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014) el inventario de infraestructura vial se emplea para conocer las condiciones de operatividad y funcionalidad de una vía, a partir de una descripción detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño. La manera más habitual de poder elaborar un inventario es a través de una inspección visual que consiste en hacer un trayecto a lo largo de un tramo de carretera en estudio para así cuantificar y calificar sus condiciones.

2.2.2 Clasificación funcional

La clasificación funcional es muy requerida, en razón de que establece sistemas integrados dentro de una concepción lógica, por que agrupa las carreteras en grandes categorías de similares características según sus objetivos, que requieren el mismo grado de ingeniería y competencia administrativa. Carreteras análogas son sometidas a normas de diseño que, fundamentalmente, son ajustadas en rangos apropiados de volúmenes de tránsito.

Hay ciertos vocablos que describen la extensión de las funciones que desempeñan las carreteras y caminos: las que se caracterizan por la movilidad se denominan arterias; las que proporcionan acceso a propiedades adyacentes se les llama caminos vecinales y calles las cuales son las que recogen y distribuyen el tráfico entre las dos anteriores se les denominan colectoras.

La clasificación de las carreteras del país fue definida en cinco tipos según el (MTI, 2020):

1. TP: Troncal Principal.
2. TS: Troncal Secundaria
3. CP: Colectora Principal
4. CS: Colectora Secundaria

5. CV: Camino Vecinal

2.2.3 Uso del suelo

El uso de suelo se refiere a cómo se gestiona y modifica una superficie terrestre para cumplir con necesidades humanas o económicas, como la agricultura, la urbanización o la conservación ambiental. Este concepto incluye no solo las actividades realizadas en el terreno, sino también la planificación y regulación que las jurisdicciones implementan para evitar conflictos entre diferentes usos y preservar el entorno natural.

Según (INETER, 2020) los mapas de cobertura y uso actual de la tierra (o del suelo) pueden definirse como una cartografía temática que representa las diferentes formas de ocupación del territorio según un número variable de categorías predefinidas (uso agropecuario, forestal, centros poblados, humedales, etc.). Dicha cobertura si es actualizada periódicamente, permite analizar, desde un punto de vista geográfico, las dinámicas socioeconómicas, productivas y medioambientales expresadas en el territorio, ya sea en escalas Nacional, Regional, Municipal y/o Local.

2.2.4 Pendiente del terreno

La pendiente del terreno nos indica cuánto se inclina el mismo con respecto a la horizontal, y puede ser pendiente de subida o de bajada. La pendiente se puede expresar en porcentaje o en grados.

2.2.5 Sección transversal

La Sección Transversal de una carretera o calle en área urbana, muestra sus características geométricas, según un plano normal vertical a la superficie que contiene el eje de la carretera o calle. Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la carretera ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplen y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados. (SIECA, 2011, pág. 137).

2.2.5.1 Ancho de calzada

Es el ancho de la superficie sobre la cual circula un cierto tránsito vehicular, permitiendo el desplazamiento cómodo y seguro del mismo. Divididas o no, las carreteras pueden estar formadas por dos o más carriles de circulación por sentido. Excepcionalmente pueden ser de un solo carril para la circulación en ambos sentidos, con bahías o refugios estratégicamente ubicados a lo largo de la carretera, para permitir las operaciones de adelantamiento o el encuentro seguro de dos vehículos en sentidos opuestos. (SIECA, 2011, pág. 140)

2.2.5.2 Carril

El carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de calzada la sumatoria del ancho de los carriles.

2.2.5.3 Hombros

El (SIECA, 2011) refiere que los hombros o espaldones, son las áreas de la carretera contigua a los carriles de circulación, y que tienen su justificación en:

- a) La necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, ya que, sin los hombros, los vehículos en problemas se ven obligados a invadir los carriles de circulación, con riesgos para la seguridad del tránsito.
- b) Proporcionan estabilidad estructural al pavimento de los carriles de circulación vehicular, mediante el confinamiento y protección adicional contra la humedad y posibles erosiones.
- c) Para permitir los movimientos peatonales y de bicicletas en ciertas áreas donde la demanda lo justifique.
- d) Proporcionan espacio libre para la instalación de señales verticales de tránsito

2.2.5.4 Sobreancho del pavimento

Por la necesidad de alcanzar el nivel de compactación especificado en las capas de subbase y base, en la orilla exterior del hombro, la plataforma en relleno tendrá un ancho adicional mínimo de 0.50 m. Esta área también es conveniente

para redondear el vértice entre la terracería y el talud de relleno, para la colocación de defensas laterales y señales. (SIECA, 2011, pág. 143)

2.2.5.5 Aceras o banquetas

Donde hay abundancia de peatones, los volúmenes de tránsito son elevados y las velocidades permitidas son significativas (mayores de 60 kilómetros por hora), especialmente en sitios de circunvalación de poblados y ciudades, se recomienda que, al lado de los carriles exteriores, se construyan aceras o banquetas para la circulación peatonal. (SIECA, 2011, pág. 143)

2.2.5.6 Mediana

Es la franja de terreno localizada al centro de la carretera, que separa los carriles de sentido contrario en carreteras divididas que puede construirse al nivel de la pista principal o tener su sección transversal elevada o deprimida. (SIECA, 2011, pág. 143)

2.2.5.7 Cunetas

Un canal es un conducto abierto para la conducción de aguas. Las cunetas son canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de taludes (SIECA, 2011, pág. 146).

2.2.6 Señalización vertical

En el Manual de (SIECA, 2014) se 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, lugares de interés y servicios (Pág. 137).

Las señales verticales deben usarse solamente donde se justifiquen según un análisis de necesidades y estudios técnicos de campo. Las señales son

esenciales donde rigen regulaciones especiales, tanto en lugares específicos como durante períodos de tiempo específicos, o donde los peligros no sean evidentes para los usuarios. Las señales también suministran información sobre rutas, direcciones, destinos, puntos de interés y otras informaciones que se consideren necesarias.

2.2.6.1 Señales reglamentarias

El manual (SIECA, 2014) afirma: “Las señales de reglamentación son aquellas 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”.

A continuación, se muestra en la Tabla 1 como se clasifican las señales reglamentarias y que código se le asigna a cada una.

Tabla 1

Clasificación de las señales reglamentarias

Tipo de señal	Código
Derechos y prioridad de Paso	R-1-1 a R-1-18
Límites de velocidad	R-2-1 a R-2-12
Restricción de giros y maniobras	R-3-1a a R-3-19
Serie para Intersecciones con semáforos	R-4-1 a R-4-8
Serie para carriles reversibles	R-5-1 a R-5-9
Dirección de circulación	R-6-1 a R-6-9
Exclusión de flujos	R-7-1 a R-7-25
Estacionamiento	R-8-1 a R-8-31
Vías exclusivas	R-9-1 a R-9-14
Transporte público	R-10-1 a R-10-10
Peatones y cruces protegidos	R-11-1a a R-11-18
Restricciones de dimensiones, peso y tipo de carga	R-12-1 a R-12-6
Otras restricciones al conducir	R-13-1 a R-13-8
Inspección oficial y peajes	R-14-1 a R-14-6
Camino cerrado y sentido obligatorio	R-15-1 a R-15-15
Confirmación de las reglas de conducción	R-16-1 a R-16-6

Fuente: Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito 2014, pág. 57.

2.2.6.2 Señales preventivas

Estas señales se emplean con el objeto de prevenir al tránsito de condiciones peligrosas existentes o potenciales, en la carretera o adyacentes a ella y la naturaleza de las mismas. Las señales de prevención exigen precaución de parte del conductor ya sea para disminuir la velocidad o para que efectúe otras maniobras que redundan en su beneficio y en el de otros conductores y peatones.

Las señales de prevención, se deben colocar en sitios que aseguren su mayor eficiencia, tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones particulares de la carretera, calle o camino, así como la cantidad de vehículos que transiten por la vía. (SIECA, 2014, pág. 77)

En la Tabla 2 se muestra la clasificación de las señales preventivas y los códigos con los que se identifican.

Tabla 2

Clasificación de señales preventivas.

Cambios en el alineamiento horizontal	P-1-1 a P-1-14
Intersecciones	P-2-1 a P-2-8
Proximidad a un dispositivo de control	P-3-1a a P-3-7
Vías de tránsito convergentes y carreteras divididas	P-4-1 a P-4-4
Pasos angostos y claro vertical restringido	P-5-1 a P-5-11
Pendientes y rampa de emergencia	P-6-1 a P-6-9
Condiciones de peligro	P-7-1 a P-7-35
Cruces de ferrocarril y tranvía	P-8-1 a P-8-7
Advertencia de la presencia de personas y reductores de velocidad	P-9-1 a P-9-13
Semovientes en la vía	P-10-1 a P-10-9
Variaciones y limitaciones en la vía	P-11-1 a P-11-11
Delineadores y marcas de objetos	P-12-1 a P-12-5

Fuente: Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito 2014, pág. 77.

2.2.6.3 Señales informativas

Las señales de información son las que guían o informan 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 las tareas de navegación y orientación de los usuarios. (SIECA, 2014, pág. 96)

Este tipo de señales no pierde eficacia por el uso frecuente, al contrario de lo que sucede con las de prevención y reglamentación. La clasificación de estas señales se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3

Clasificación de Señales Informativas

Señales de información de identificación	II
Señales de información de destino	ID
Señales de información de servicios y turísticas	IS
Señales de información de áreas silvestres, recreativas y parques nacionales	IR
Señales de información de defensa civil y emergencias	IE
Señales de información general	IG

Fuente: Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito 2014, pág. 96.

2.2.6.4 Código de colores en señales verticales

- **Amarillo:** Prevención general, color de fondo de las señales de prevención.
- **Naranja:** Prevención de situaciones temporales, como trabajos de construcción, mantenimiento, reparaciones, atención de incidentes y emergencias, color de fondo de señales de prevención temporal.
- **Blanco:** Regulación e información, color de fondo para las señales de reglamentación y de información en vías convencionales. Se usa en la leyenda de la señal de ALTO”, R-1-1, y en las leyendas de las señales con color de fondo rojo, negro, verde, azul y café.
- **Negro:** Regulación, prevención e información, color fondo de señales de regulación nocturna. Se usa en los símbolos, ribetes y figuras de todo tipo de señales, en particular en las señales con color de fondo blanco, amarillo y anaranjado).

- Rojo: Alto, prohibición o maniobra crítica, color fondo en la señal de “ALTO” y otras reglamentarias que se refieren a maniobras críticas. También se usa en las orlas, símbolos, letras y la barra o franja diagonal en algunas señales de reglamentación.
- Azul: Guía de servicios al automovilista y al turista, color de fondo de esas señales informativas.
- Verde: Indica movimientos permitidos y guía de navegación y direcciones en vías rápidas, autopistas y ciclovías, color de fondo de ese tipo de señales informativas.
- Café: Guía a sitios recreativos, parques nacionales y otros de interés cultural, administrados por entes públicos o sin fines de lucro, color de fondo de esas señales informativas.
- Amarillo limón (fluorescente): Se autoriza su uso opcional en sustitución del amarillo, únicamente para prevenir sobre la presencia de cruces de peatones, de bicicletas y en zonas escolares, con el fin de mejorar la visibilidad de la señal en horas de baja luminosidad solar (SIECA, 2014).

2.2.7 Postes kilométricos

Es una señal de tránsito que indica la distancia desde el inicio de la carretera, camino o vía férrea por la que se circula. Son elementos de concreto armado que sirven para indicar la progresiva del camino. Se ubican cada 1000 y también sirven a las autoridades para control de tráfico, de accidentes, mantenimiento y rehabilitación.

2.2.8 Postes guías

Los postes guías son utilizados en las orillas de las carreteras para que el camino sea mejor apreciado por el conductor, son utilizados en curvas con el propósito de mejorar el efecto visual de perspectiva para que los conductores se mantengan dentro de las mismas y en sus respectivos carriles, y sirven como base y guía para la colocación de señales de tránsito.

2.2.9 Bahías para autobuses

Para evitar conflictos entre la corriente de tránsito principal y los vehículos de transporte colectivo que están obligados por la naturaleza de su servicio a detenerse en su recorrido por la vía, para recoger y bajar pasajeros, debe construirse un número adecuado de bahías para autobuses a lo largo de las carreteras.

Está sobradamente comprobado el efecto que sobre la seguridad de los pasajeros ejerce la construcción de este tipo de instalaciones, cuyo uso debe ser más generalizado en las carreteras de Centroamérica, donde la mayoría de los viajes de la población se realiza en transporte colectivo. (SIECA, 2011).

2.2.10 Señalización horizontal

(Cal & Cárdenas Giraes, 2018) Definen la señalización horizontal como conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

Sirve también para denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas y dispositivos son: rayas, símbolos, leyendas, botones reflejantes o delimitadores, y reductores de velocidad.

Las marcas en el pavimento deben ser de color blanco, amarillo, verde o rojo reflejantes, según su función. Cuando el pavimento por su color no proporcione el suficiente contraste con las marcas, se recomienda delinearlas en todo su contorno con franjas negras de 5 cm de ancho.

2.2.10.1 Clasificación

El (SIECA, 2014) establece que la demarcación se clasifica como sigue:

- I. Demarcación de pavimentos:
 - Líneas de centro.
 - Líneas de carril.
 - Líneas de barrera.
 - Líneas de borde de pavimento.
 - Transiciones en el ancho del pavimento.
 - Líneas de canalización.
 - Aproximaciones a obstáculos.
 - Marcas de giros.
 - Líneas de parada.
 - Pasos para peatones.
 - Aproximaciones a pasos a nivel con vías férreas.
 - Zonas de Estacionamiento.
 - Palabras y símbolos sobre el pavimento.
 - Marcas para regular el uso de la vía.
 - Otros dispositivos y marcas auxiliares.

- II. Demarcaciones para indicar restricción de Estacionamiento
 - Línea de borde amarilla.
 - Línea de borde roja.
 - Línea de borde verde.
 - Línea de borde azul.

Las señales horizontales pueden tener diferentes colores y usarse para situaciones particulares como se explica a continuación:

- **Amarillo:** El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en vías de doble sentido con calzadas de varios carriles, líneas de barrera y franjas amarillas de estacionamiento prohibido. Este

color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.

- Blanco: El color blanco define la separación de corrientes de tránsito en el mismo sentido y la demarcación de bordes de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Además, se utiliza para los símbolos en el pavimento que indican los sitios de Estacionamiento reservado para los vehículos que transportan personas discapacitadas, mujeres embarazadas o personas de la tercera edad.

El color blanco se utiliza también en las palabras y en las flechas direccionales, así como en los distanciadores, las marcas de carril exclusivo y reversible y en algunas islas canalizadoras. Cuando se emplean botones brillantes para marcas en el pavimento, deben dar la impresión de que equivalen a pintura blanca.

- Negro: El uso del color negro no se establece como un color estándar para demarcaciones de pavimento. Sin embargo, se puede usar como medio de obtener contraste sobre un pavimento de color claro, pues se utiliza para delinear las marcas de color claro sobre un pavimento de concreto. (SIECA, 2014).

2.2.11 Drenaje

El sistema de drenaje es un escudo de protección el cual se debe proveer la estructura de las carreteras contra los efectos erosivos e inundación de las aguas superficiales o subterráneas, para lo cual se propone la construcción de algunos artificios, para la recolección, transporte y descarga segura de las aguas, los que deben ser diseñados técnica y económicamente que justifique la vida útil.

El principal objetivo del drenaje, es evacuar en el menor tiempo posible las aguas que se precipitan sobre la plataforma de la carretera o que puedan penetrar lateralmente la estructura vial.

Los estudios de drenaje de carretera se realizan longitudinal y transversal dependiendo de las direcciones de flujo en que se dirigen las aguas, por lo que se

debe trabajar vinculadamente con el diseño vial tanto por los niveles de rasante para el desplante de la corona de las estructuras de drenaje, como por cambios de alineación, peraltes de curvas, bombeos, etc. (MTI, 2008, pág. 39).

2.2.11.1 Bombeo de la calzada

Generalmente, la sección típica de una carretera la convierte en un parte aguas, ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral geoméricamente igual para ambos lados, a lo cual se le llama „bombeo”, con el fin de drenar la superficie de rodamiento, la que puede variar en dependencia del material que se utiliza en el recubrimiento. Los bombeos utilizados típicamente son los siguientes:

Para adoquinados----- 2.0% hasta 2.50 %.

Para Asfalto -----1.0% hasta 1.50 %.

Para Macadam -----3.0% hasta 4.0%.

En calzadas de dos o más carriles en una dirección y con pendiente longitudinal mínima del 0.50%, se aceptará un bombeo máximo del 6.0 %. (MTI, 2008, pág. 39).

2.2.11.2 Cunetas

El (MTI, 2008) refiere que las cunetas son canales de drenaje generalmente de sección triangular y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a ambos lados de la calzada, incluyendo hombros; para el revestimiento puede usarse: piedra bolón unida con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefabricado, suelo cemento o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a los cálculos hidrológicos realizados sobre el área de drenaje delimitada, pendiente longitudinal, generalmente paralela a la de la corona de la carretera, intensidad de lluvia de la zona para un tiempo de retorno previamente establecido, con esa información y

calculo se obtendrá el caudal pico de diseño y las dimensiones de la estructura a construir. Ver Tabla 4:

Tabla 4

Dimensiones mínimas de las cunetas.

Región	Profundidad	Ancho
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Menor, pág. 41.

2.2.11.3 Alcantarillas

Es un conducto cerrado usado para la conducción del agua de drenaje superficial bajo un camino, vía férrea, canal u otro impedimento, posee de una a cuatro celdas o tramos que pueden ser de forma circular, rectangular u ovalada. La alcantarilla cuenta con el piso revestido y además requiere de aletones, cabezales y delantales para para garantizar su funcionamiento. Según el Manual para la Revisión Estudios Hidrotécnicos de Drenaje Menor (MTI, 2008, pág. 48), la dimensión mínima interna de las alcantarillas deberá ser la que permite su limpieza y conservación.

2.2.11.4 Vados

Es un canal a cielo abierto que se construye sobre el lecho de una corriente que atraviesa el camino, se recomienda su construcción cuando los tirantes de agua son de poca altura y tiempos de concentración de lluvias de poco tiempo para evitar retraso en el movimiento del tránsito vehicular y peatones. Para caminos de alta frecuencia vehicular se deben usar otras alternativas tales como caja cuya losa sirva de rodamiento, para conservar la velocidad de diseño. (MTI, 2008).

2.2.11.5 Canales y cauces revestidos

Los canales son conductos abiertos o cerrados en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso. (Chow, 2004, pág. 19)

2.3 Estudio de velocidad

2.3.1 Introducción

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de un sistema vial es la velocidad de los vehículos. Desde este punto de vista, para medir la calidad del movimiento del tránsito se utilizan la velocidad de punto y la velocidad de marcha. Se estimará la velocidad de una muestra del conjunto de vehículos de la vía para así para calcular así la velocidad del flujo vehicular. (Cal & Cárdenas Giraes, 2018).

Habiendo realizado todos estos incisos se procederá a detallar de una manera adecuada los datos recolectados, los conocimientos científicos de la ingeniería de tránsito, así como las herramientas empleadas para la realización del estudio como lo son los dispositivos móviles, los GPS, los cronómetros, los formatos de estudio de velocidad.

Según el Manual de Conductor de la Policía Nacional de Nicaragua una velocidad segura en vías urbanas es de 45 kph, en carreteras 100 kph, zonas escolares 25 kph y en pistas 60 kph, entiéndase como segura aquella que permite tener dominio del vehículo. (Policia Nacional, 2022).

2.3.2 Estudio de velocidad

El estudio de velocidad se refiere a la evaluación de la velocidad de punto de los vehículos que circulan en el tramo con la finalidad de evaluar la seguridad de los usuarios de la vía, así como para calcular la calidad del movimiento del flujo vehicular.

2.3.2.1 Velocidad de punto

El método manual más utilizado para el registro de las velocidades de punto es el del cronómetro, en el cual sobre una distancia determinada (de 25 a 80 metros, de acuerdo con la velocidad) que se ha marcado con dos rayas de gis o pintura en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla.

El observador se sitúa en un lugar conveniente entre las marcas. Cuando las ruedas delanteras de un determinado vehículo pasan sobre la primera marca, el observador inicia la marcha del cronómetro, y cuando el mismo vehículo toca la segunda marca con las ruedas delanteras, se detiene la marcha del cronómetro.

La velocidad se obtiene dividiendo la distancia prefijada, en metros, entre el tiempo que se requirió para recorrerla, en segundos y centésimas de segundo. El resultado obtenido, en metros por segundo, se convierte a kilómetros por hora, teniéndose así la velocidad de punto. Se supone aquí, que el vehículo a lo largo de la distancia de referencia, no cambia su velocidad, por lo tanto, el tramo escogido debe tener condiciones muy uniformes que no provoquen aceleraciones o desaceleraciones. Existen también dispositivos automáticos para medir velocidades de punto, entre los cuales se puede mencionar el radar. (Cal & Cárdenas Giraes, 2018, pág. 274).

2.3.3 Lugar del estudio de velocidad de punto

El punto seleccionado para realizar el estudio de velocidad de punto debe reunir las características de estar fuera de las zonas urbanas donde no exista fricción en el flujo que circula por la vía ya que estos se deben efectuar generalmente en secciones rectas, a nivel y lejos de intersecciones, asimismo en lugares específicos de acuerdo a los requerimientos para que así se pueda estudiar el comportamiento de la velocidad del flujo vehicular.

2.3.4 Tamaño apropiado de la muestra n

Para medir la calidad del movimiento de tránsito se utilizó el método de velocidad de punto, este consiste en registrar la velocidad de un vehículo en sitios específicos bajo las condiciones prevalecientes de tráfico y ambientales durante el estudio, es necesario tomar muestras lo suficientemente grandes de manera que los resultados sean estadísticamente significativos.

2.3.5 Recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó un formato donde contenía la siguiente información: Sentido, fecha del estudio, tipo de vehículo y velocidad.

2.3.6 Calculo

El cálculo de la velocidad de cada automotor en el punto de estudio se realizó dividiendo la distancia recorrida por cada vehículo entre el tiempo empleado para que las ruedas delanteras pasaran desde el punto de comienzo hasta el punto final con una longitud fija de 100 metros, así se obtiene la velocidad en metros por segundos m/s luego este valor se multiplica por un factor de conversión para pasar de m/s a km/hr .

2.4 Estudio de tráfico

2.4.1 Introducción

Un estudio de tránsito tiene como finalidad analizar la movilidad en una zona determinada, contemplando de manera coordinada los diferentes elementos que la componen y simulando la interacción de los nuevos proyectos viales con la red proyectada o existente, realizando un diagnóstico que proporcione soluciones ajustadas a cada proyecto con el fin de obtener una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente.

Así, un estudio de tránsito no sólo se realiza en la nueva construcción o ampliación de vías interurbanas tales como autopistas, autovías o carreteras convencionales, sino que cobran vital importancia cuando se desea construir o ampliar promociones inmobiliarias en ámbitos urbanos tales como centros comerciales, complejos de oficinas, plantas industriales, escuelas, hospitales u otras instalaciones.

2.4.2 Aforo vehicular

En el trabajo de campo se realizarán aforos vehiculares que tendrán una duración de martes a jueves durante 12 horas seguidas (de 6am a 6pm) según lo recomienda el (MTI, 2020, pág. 12).

2.4.2.1 Obtención de los volúmenes de tránsito

La obtención de los volúmenes de tránsito se llevó a cabo con las instrucciones, recomendaciones y apoyo de la Tutora Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero y la ayuda de familiares y otros estudiantes activos de la universidad, el conteo vehicular se realizó en 2 estaciones, donde, cada estación estaba compuesta por un contador por carril llegando a obtener 4 flujos en total.

Los conteos se realizaron tomando una decisión de realizarlos los 3 días intermedios de la semana laboral, un día martes, miércoles y jueves, clasificándola como estaciones de conteos de corta duración. Los conteos se llevaron a cabo en la última semana del mes de diciembre del 2023 y la primera semana del mes de enero de 2024.

2.4.2.2 Volúmenes y clasificación

El aforo vehicular consiste en el conteo de todos los vehículos que circulan por una sección del tramo para ello el formato utilizado para el aforo se debe realizar segregando los tipos de vehículos debido a que cada uno cuenta con distintas características por lo cual se realizó con 3 clasificaciones principales: vehículos de pasajeros, vehículos de carga y equipos pesados, las cuales cuentan con su propia subclasificación, esto con el fin de tipificar los tipos de vehículos que recorren el tramo.

2.4.3 Trafico promedio diario anual TPDA

Según (Cal y Mayor Reytez Espindola & y Cardenas Grisales, 2018) el Trafico Promedio Diario TPD se define como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período.

2.4.3.1 Factores de ajustes

El factor día se obtiene mediante la dependencia de estación. La dependencia es identificar para una estación de conteo de Corta Duración o Conteo Sumaria cuál es la estación de mayor cobertura correspondiente, partiendo del perfil de variación en el flujo vehicular que presente mayor grado de similitud posible.

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.

2.4.4 Distribución direccional por sentido

La distribución direccional por sentido expresa la relación entre todos los diversos tipos los vehículos que circulan en una dirección específica del tráfico en relación a los que circulan en sentido opuesto. Normalmente, corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones. Sin embargo, en

algunos casos, puede ser mayor en una dirección que en otra, según los conteos de tráfico realizados.

2.4.5 Horas máxima demanda y factor hora de máxima demanda

Para poder realizar el estudio, un parámetro fundamental de la metodología es el Factor Horario de Máxima Demanda *FHMD* el cual es una relación adimensional entre el volumen de la hora de máxima demanda y cuatro veces el máximo volumen de vehículos entre las cuatro fracciones de la hora de máxima demanda.

2.4.6 Estudio de niveles de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

El Manual de Capacidad Vial HCM 2010 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante.

1. Nivel de servicio A

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en

la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

2. Nivel de servicio B

Está aún dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

3. Nivel de servicio C

Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de la velocidad se ve influenciada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

4. Nivel de servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

5. Nivel de servicio E

El funcionamiento está en él, o cerca del, del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y los cambios de carril se consiguen forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los

conductores. La circulación es normal-mente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

6. Nivel de servicio F

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

Un segmento básico de autopista puede ser caracterizado por tres medidas de eficiencia: la densidad (vehículos livianos/km/carril), la velocidad media de los vehículos livianos y la relación volumen a capacidad (v/c). Cada una de estas tres medidas, es un indicador de cómo el flujo vehicular es acomodado por la autopista.

Debido a que la velocidad es constante para un amplio rango de flujos y la relación v/c no es directamente entendible por los conductores (excepto a capacidad), el indicador de eficiencia que se utiliza es la densidad.

2.4.6.1 Características básicas

Las características básicas que suponen buen estado del tiempo, buena visibilidad, ningún evento o accidente, sin actividad en zonas de obras viales y sin deterioro del pavimento, se estiman para un conjunto de condiciones base o ideales, definidas como sigue:

- Carriles con anchura mínima de 3.60 metros.
- Mínima distancia libre lateral de 1.80 metros en el acotamiento derecho, entre el borde de la calzada y el obstáculo u objeto más cercano que influye en la conducta del tráfico.
- Mínima distancia libre lateral en la faja separadora central de 0.60 metros.

- Todos los vehículos de la corriente de tránsito son vehículos livianos (automóviles), esto es, no hay presencia de vehículos pesados (camiones y autobuses).
- En áreas urbanas, la autopista deberá tener 5 o más carriles por sentido.
- Terreno plano con pendientes inferiores al 2%.
- Población de conductores compuesta principalmente de usuarios regulares familiarizados con la autopista.

2.4.6.2 Clasificación de las carreteras de dos carriles

Debido a la amplia gama de actividades servidas por carreteras de dos carriles, la metodología para automóvil establece tres clases de carreteras.

Las tres clases de carreteras de dos carriles se definen de la siguiente manera:

- Clase I de carreteras de dos carriles: Son carreteras donde los conductores esperan viajar a velocidades relativamente altas. Carreteras de dos carriles que son las principales rutas interurbanas, conectores principales de los principales generadores de tráfico, rutas de cercanías diarias, o principales eslabones de redes estatales o carretera nacional se asignan generalmente a la Clase I.

- Clase II de carreteras de dos carriles: Son carreteras donde los conductores no necesariamente esperan viajar a altas velocidades. Carreteras de dos carriles que funcionan como acceso a las carreteras clasificadas como clase I, que actúan como rutas paisajísticas o recreativas (y no como arterias principales), o pasan a través de un terreno accidentado (donde altas velocidades de operación sería imposible) se asignan a la Clase II.

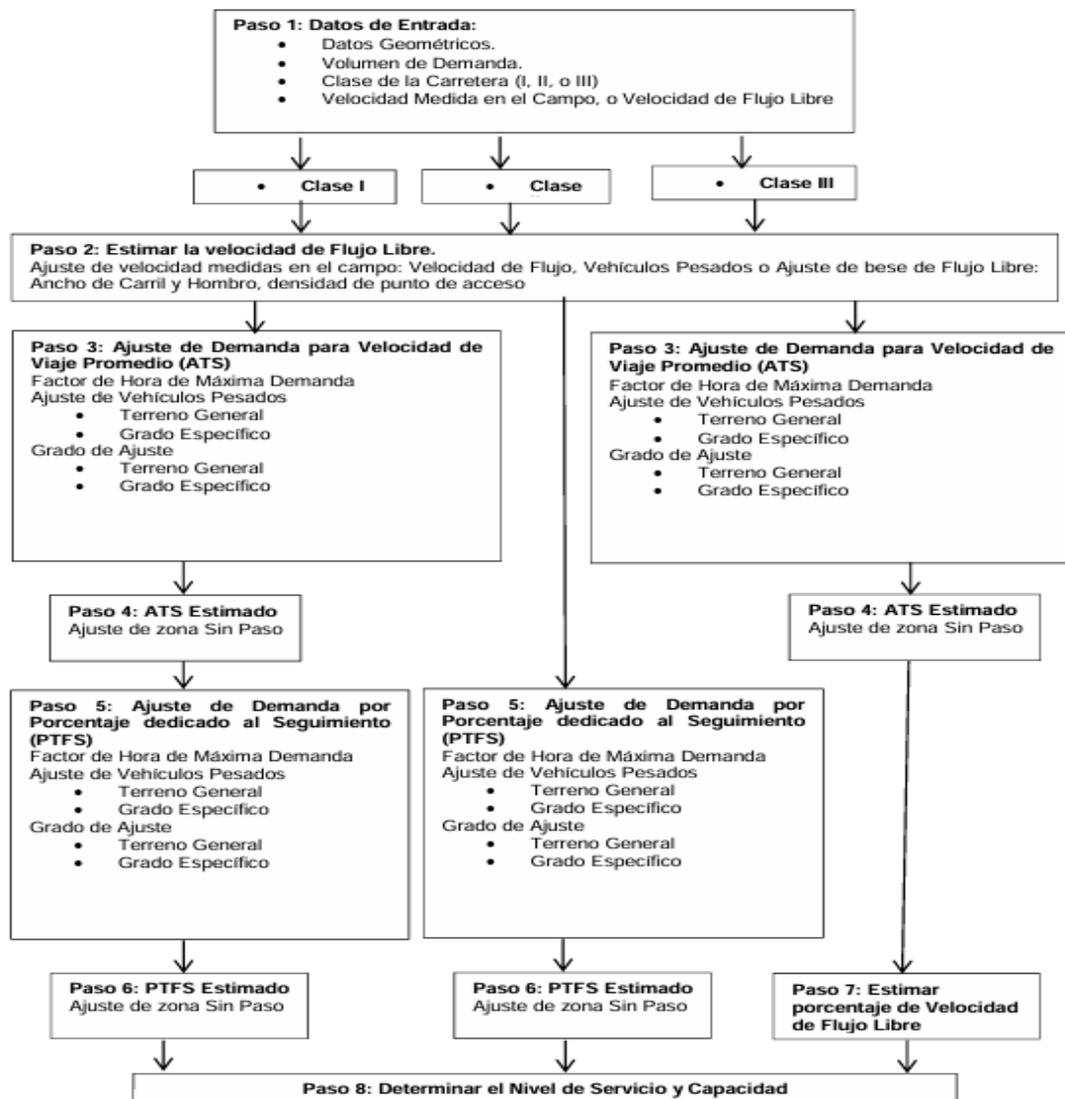
- Clase III de carreteras de dos carriles: Son carreteras que sirven áreas moderadamente desarrolladas. Pueden ser tramos de carreteras de dos carriles Clase I o Clase II que pasan a través de las pequeñas ciudades o zonas recreativas desarrolladas.

2.4.7 Procedimiento para la estimación del Nivel de Servicio

Para poder estimar el Nivel de servicio del tramo en ambos extremos meridionales del empalme de Tipitapa, se procederá a emplear los pasos indicados por la metodología presente en la TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2010 a como corresponde a continuación:

Gráfico 1

Flujograma del procedimiento del cálculo del nivel de servicio.



Fuente: Highway Capacity Manual 2010 Pag. 15-13

2.4.8 Cálculo de la capacidad de la estación por velocidad de desplazamiento ATS_d y por demoras $PTSF_d$.

La capacidad, que existe en el límite entre LOS E y F, no está determinada por una medida de efectividad. En condiciones básicas, la capacidad de una carretera de dos carriles (en una dirección) es de 1.700 pc / h. Para determinar la capacidad bajo las condiciones prevalecientes, se deben aplicar los factores de ajuste relevantes. En este caso, sin embargo, se conoce el caudal de demanda de 1700 pc / h en las condiciones básicas y se busca el caudal de demanda en las condiciones predominantes.



CAPITULO III: ANALISIS Y
PRESENTACION DE
RESULTADOS.

III. ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

3.1 Estudio de accidentalidad

3.1.1 Introducción

El análisis que se realizó en este capítulo conlleva el estudio de los accidentes en el tramo planteado para ello se debe saber que según la Ley 431, para el régimen de circulación vehicular e infracciones de tránsito con sus reformas incorporadas, define un accidente como la acción u omisión culposa cometida por cualquier conductor, pasajero o peatón en la vía pública o privada causando daños materiales, lesiones o muerte de personas, donde interviene por lo menos un vehículo en movimiento (Policía Nacional, 2022).

Para el tramo de carretera en estudio de seguridad vial, que comienza a partir del km 21 empalme Tipitapa y finaliza hasta el km 26 ubicado en Camilo Ortega en la carretera NIC-11A se hizo un análisis de los inventarios de accidentes registrados por la Dirección General de Tránsito de la Policía Nacional, en el municipio de Tipitapa del departamento de Managua, para los años 2018, 2019, 2020, 2021, y 2022.

Se seleccionó los puntos donde se registraron accidentes en el tramo de estudio para así hacer este análisis específicamente para el tramo de interés.

La Tabla 5 muestra la cantidad total de accidentes que ocurrieron en el tramo en los últimos cinco años que van del 2018 al 2022.

Tabla 5

Accidentes de tránsito registrados en el tramo en los últimos cinco años

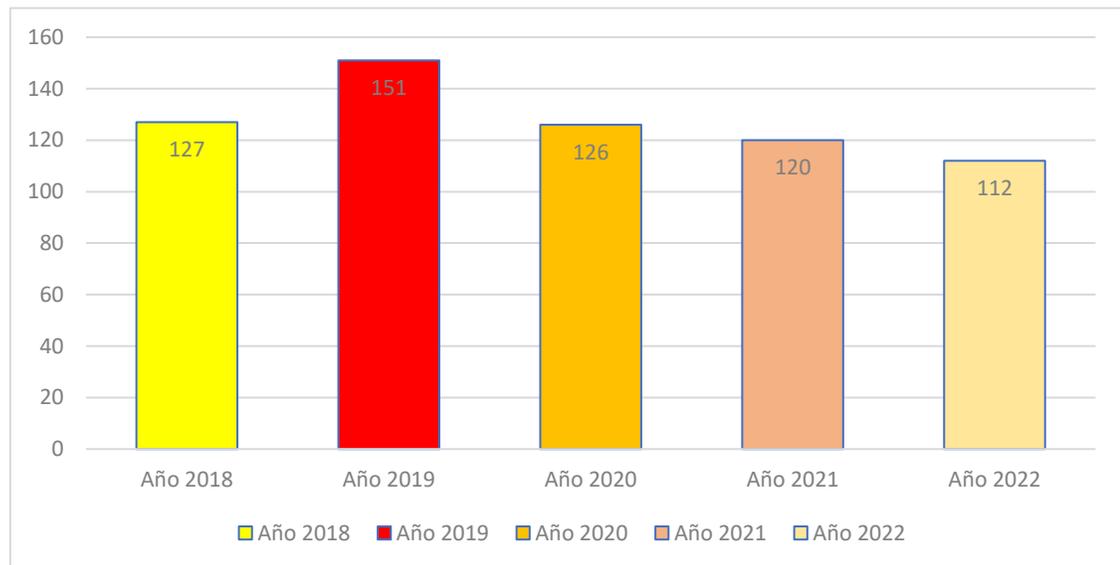
AÑO	2018	2019	2020	2021	2022
TOTAL	127	151	126	120	112

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

En el Gráfico 2 donde se muestran los datos de la Tabla 5 y así ver más claramente la evolución de la accidentalidad en el tramo:

Gráfico 2

Evolución de la accidentalidad en el tramo.



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

En el Gráfico 2 se puede apreciar el comportamiento de la accidentalidad en el tramo en estudio en los años de análisis los cuales comprenden desde el año 2018 hasta el año 2022. Se muestra un decremento de la accidentalidad exceptuando el año 2019 el cual muestra un incremento de accidentes por motivos que se desconocen.

El análisis que se realizó muestra los datos totales de los accidentes ocurridos en el tramo y de esta manera se clasificaran los accidentes en todas las categorías posibles que se detallaran más adelante, con el propósito de encontrar las características y así comprender el fenómeno de los mismos para proponer soluciones técnicas que tengan como finalidad mejorar la seguridad., para ello se realizó la jerarquización de los datos y se determinó los tipos y causas de los accidentes.

Al clasificar los datos de los accidentes para determinar los tipos, causas, ubicación, mes, semana y hora específicos, se intenta detectar patrones en los

factores que influyen en los accidentes para así de una manera cuantitativa encontrar las causas de los accidentes de tránsito.

Usualmente, del origen de un accidente de tránsito se piensa en una causa, pero la verdad es que muchas veces el accidente ocurre debido a una “cadena de causas”, o bien, una causa y una serie de circunstancias contribuyentes. Sin embargo, es usual referirse en general a la “causa aparente” del accidente. También, previo análisis, se llegará en algunos casos a la “causa real”. En muchas situaciones, ambas causas coincidirán.

(Cal y Mayor Reyez Espindola & y Cardenas Grisales, 2018) menciona que, siguiendo los pasos lógicos en el estudio de este problema, se ha encontrado conveniente determinar los dos importantes datos, a saber:

- Causa aparente de los accidentes.
- Falla operacional.
- Magnitud del problema.

Para el estudio que se realizara a continuación se calcularon los índices de accidentabilidad, morbilidad y mortalidad para cada uno de los años del análisis.

Del estudio de los informes de accidentes de tránsito, se puede empezar a precisar los actos del conductor que contribuyen principalmente al hecho, por lo general considerado fortuito, llamado accidente.

3.1.2 Estudio de accidentes

En esta sección se realizará un análisis de la información del inventario vial para ello será necesario relacionar los accidentes con las causas aparentes y reales, los tipos de accidentes, la frecuencia, la ubicación, etc. Del uso correcto de los datos recopilados, o sea la estadística, se destacan los datos ya anunciados y que serán auxiliar insustituible en la labor preventiva.

En la *Tabla 6* se puede apreciar el análisis elaborado a partir del inventario de accidentes, el cual muestra la evolución de la accidentalidad, morbilidad y la mortalidad de los accidentes de tránsito.

Tabla 6

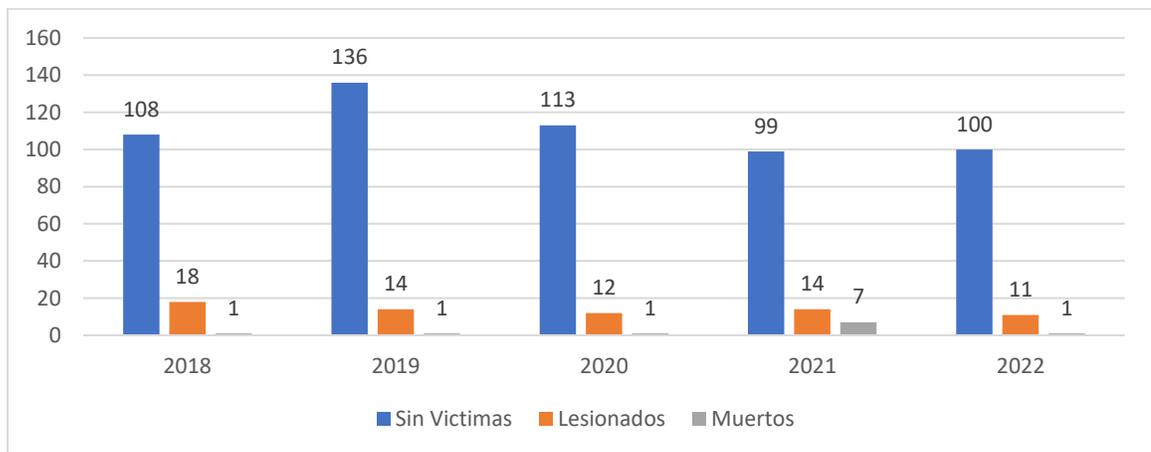
Evolución entre morbilidad y mortalidad de los accidentes de tránsito en el tramo.

	2018	2019	2020	2021	2022	Total	% incidencias
Total, de accidentes	127	151	126	120	112	636	
Sin víctimas	108	136	113	99	100	556	87.42%
Lesionados	18	14	12	14	11	69	10.85%
Muertos	1	1	1	7	1	11	1.73%

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN

Gráfico 3

Evolución de la accidentalidad, morbilidad y mortalidad del tramo.



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

En la Tabla 6 y el Gráfico 3 se observa que la mayoría de accidentes no tienen víctimas humanas, sin embargo, se tiene la presencia de daños humanos en al menos el 12% de los accidentes.

Se observa el siguiente comportamiento con respecto a los años: el año más crítico en accidentalidad es el año 2019 con 136 accidentes, con 14 lesionados y 1 víctima, sin embargo, es el segundo en tener el índice más alto de lesionados con 14 (siendo el año 2018 el más alto con 18 lesionados).

3.1.3 Análisis en la causa de los accidentes

A continuación, en la Tabla 7 se reflejarán las tipologías de los accidentes ocurridos en el tramo durante el periodo en estudio y estos datos se clasificaron en: factores mecánicos, factores humanos y factores fortuitos.

Tabla 7

Causas inmediatas de los accidentes.

Factor mecánico	Factor humano	Fortuito
Mal estado Mecánico	Adelantar en línea continua	Semoviente en la vía
	Conducir contra la vía	Mal estado de la carretera
	Desatender señales	
	Falta de pericia	
	Falta de precaución al retroceder	
	Giros indebidos	
	Imprudencia peatonal	
	Interceptar el paso	
	Invadir carril	
	No guardar distancia	
	Falta de precaución al conducir	
	Aventajar sobre línea continua	
	Aventajar por la derecha	
	No respetar la preferencia peatonal	
	Obstrucción a la libre circulación	

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

Según los datos reflejados en el estudio de accidentabilidad, los accidentes de tránsito se deben mayormente a factores humanos y muy poco a factores

mecánicos a como se muestra en la Tabla 8.de los cuales se hará una definición por cada causa que más ocurren en este tramo.

Tabla 8

Cantidad de accidentes por causas inmediatas

Causa Inmediata de los Accidentes		2018	2019	2020	2021	2022
Factor humano	Adelantar en línea continua			3	3	1
	Aventajar en Línea continua				8	2
	Conducir contra la vía	2	3	4	4	7
	Desatender señales	10	21	15	17	13
	Falta de pericia	6	4	2		3
	Falta de precaución al retroceder	5	7	4	7	4
	Giros indebidos	18	28	13	9	7
	Imprudencia peatonal	2	5	2	1	1
	Interceptar el paso	1	2	2	16	28
	Invadir carril	39	34	34	11	5
	No guardar distancia	41	45	47	32	35
	Exceso de velocidad		1			
	Falta de precaución al conducir				2	2
	Aventajar sobre línea continua					
	Aventajar por la derecha				6	1
No respetar la preferencia peatonal				1	1	

Causa Inmediata de los Accidentes		2018	2019	2020	2021	2022
	Obstrucción a la libre circulación				2	2
	Conducción temeraria				1	
	Falta de precaución al abrir la puerta	1				
Factor mecánico	Mal estado Mecánico	1				
Fortuito	Semoviente en la vía	1	1			
	Mal estado de la carretera					
Total		127	151	126	120	112

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

3.1.3.1 Accidentes por tipo

Los tipos de accidentes de tránsito más frecuentes que ocurrieron en el tramo en estudio durante los años del 2018 al 2022 fueron colisión entre vehículos, atropello de peatón y colisión con objeto fijo; y otros menos concurridos como semovientes en la vía, caídas de pasajeros, caídas de objetos, sin contacto; y colisión/fuga el cual los primeros tres tipos representan la mayor relevancia para este estudio debido a que poseen la mayor frecuencia así como una causa que pudiera llegar a ser propia de los conductores y su interacción con la vía, en cambio los últimos se deben las a razones fortuitas y/o torpeza.

Tabla 9

Evolución de la tipología entre los accidentes de tránsito.

Accidentes por tipo	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Porc.
Atropello de peatones	11	5	2	4	4	26	4.09%
Colisión entre vehículos	110	143	121	111	103	588	92.45%

Colisión con objeto fijo	3	3	2	4	1	13	2.04%
Accidente con semoviente	1	0	0	0	0	1	0.16%
Caída de pasajero	1	0	0	0	1	2	0.31%
Caída de objeto	1	0	0	0	0	1	0.16%
Sin contacto	0	0	1	0	2	3	0.47%
Colisión y fuga	0	0	0	1	1	2	0.31%
Total	127	151	126	120	112	636	

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

La Tabla 9 expuesta anteriormente evidencia la frecuencia comparativa entre los tipos de accidentes que han ocurrido en el tramo en los últimos cinco años, el cual, expresan que las “colisiones entre vehículos” han sido la mayor con un total de 588 colisiones, equivalente al 92.45% de los accidentes; consecutivamente con atropello a peatones con 26 atropellos, equivalente al 4.09% de los accidentes; y luego con colisión con objeto fijo con un total de 13 eventualidades, equivalente al 2.04% de los accidentes.

Teniendo en cuenta con la naturaleza de estos tipos de eventos se puede extraer que están directamente correlacionadas con las intercepciones por ende puntos críticos debido a que en ellas ocurren la mayor parte de los accidentes.

3.1.4 Accidentes por periodicidad

En esta sección del documento se segregará los accidentes registrados en el inventario vial por mes, por día y por hora, a fin de observar el comportamiento de los accidentes según su periodicidad y así tener una idea clara de la distribución de la frecuencia de los accidentes a lo largo de las diferentes unidades de tiempos.

3.1.4.1 Análisis de accidentes por hora

El análisis por hora hace referencia a la segregación de los accidentes ocurridos por hora con la finalidad de indagar sobre los patrones de distribución de los mismos representándolos en la Tabla 10.

Tabla 10

Accidentalidad ocurrida entre cada hora por cada año.

Hora	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Porcentaje %
0:00-1:00	0	1	1	1	3	6	0.9%
1:00-2:00	2	1	0	2	3	8	1.3%
2:00-3:00	1	0	1	3	1	6	0.9%
3:00-4:00	1	0	0	2	4	7	1.1%
4:00-5:00	0	0	3	1	0	4	0.6%
5:00-6:00	5	4	1	2	4	16	2.5%
6:00-7:00	8	13	12	10	8	51	8.0%
7:00-8:00	5	9	7	2	9	32	5.0%
8:00-9:00	5	9	3	8	5	30	4.7%
9:00-10:00	13	10	7	8	3	41	6.4%
10:00-11:00	7	7	6	8	6	34	5.3%
11:00-12:00	7	9	9	13	5	43	6.8%
12:00-13:00	8	10	8	9	8	43	6.8%
13:00-14:00	6	5	5	4	6	26	4.1%
14:00-15:00	7	4	6	7	7	31	4.9%
15:00-16:00	7	7	7	6	5	32	5.0%
16:00-17:00	8	12	6	4	7	37	5.8%
17:00-18:00	14	11	14	13	9	61	9.6%
18:00-19:00	10	10	12	5	10	47	7.4%
19:00-20:00	2	9	5	4	3	23	3.6%
20:00-21:00	5	5	5	5	2	22	3.5%
21:00-22:00	5	3	3	3	1	15	2.4%

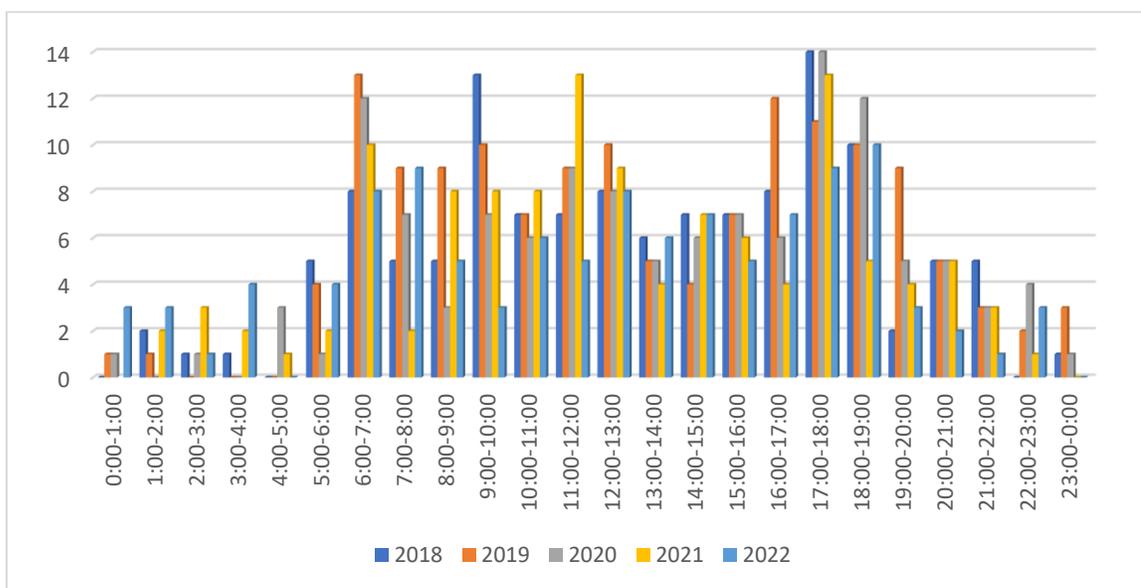
Hora	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Porcentaje %
22:00-23:00	0	2	4	1	3	10	1.6%
23:00-0:00	1	3	1	0	0	5	0.8%
Total	127	151	126	120	112	636	

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

La *Tabla 10* muestra la distribución de los accidentes en el tramo, donde se puede apreciar que ocurren las máximas incidencias en las horas pico las cuales son de 6:00am-7:00 am y 5:00pm-6:00 pm.

Gráfico 4

Comparación grafica de la accidentalidad ocurrida entre día de semana por cada año.



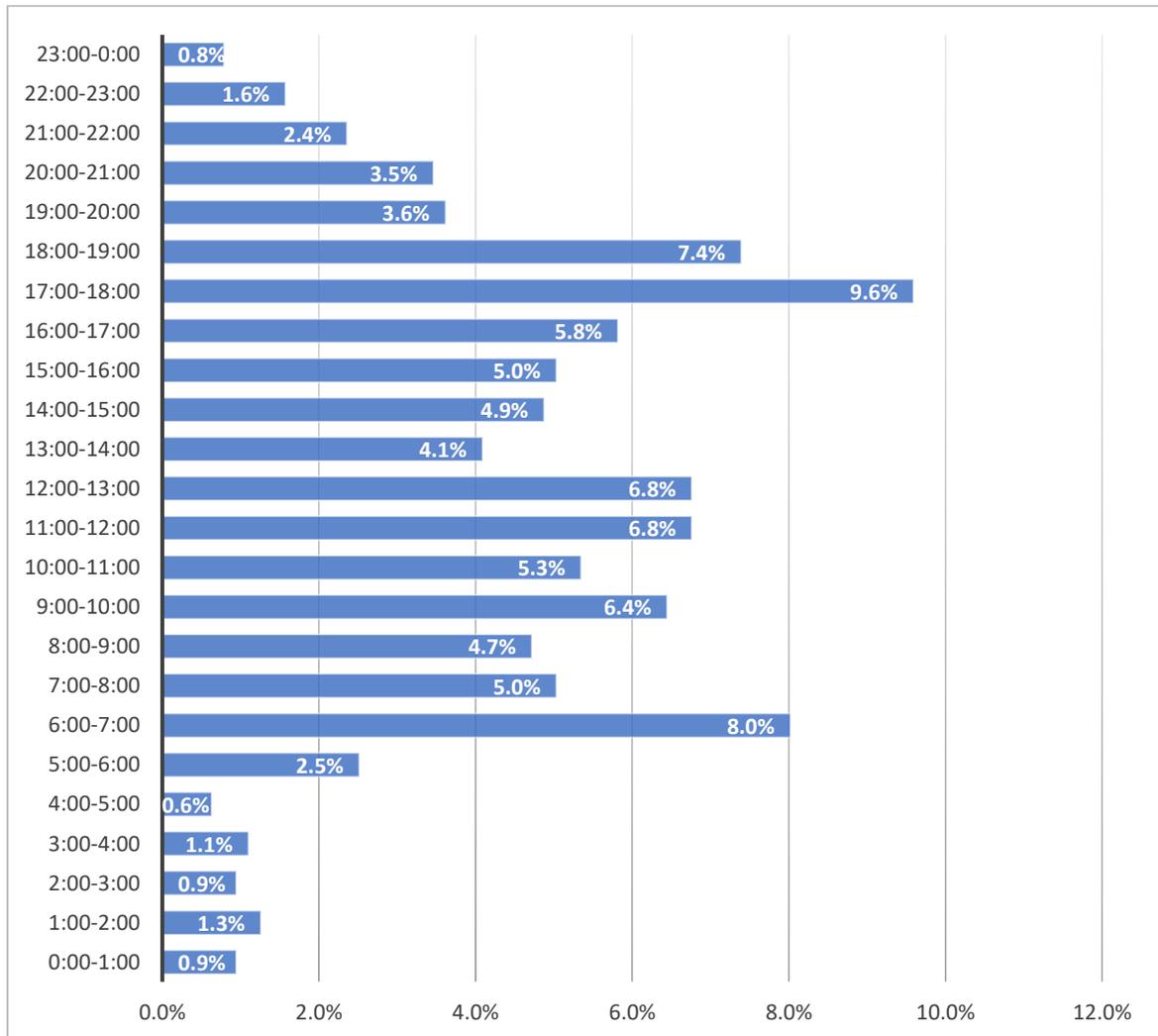
Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

El Gráfico 4 muestra la distribución de la accidentalidad ocurrida por hora en todos los años y se puede evidenciar una mayor incidencia de accidentes en todos los años en las horas picos, el cual abarcan de 6:00-7:00 am y 5:00-6:00 pm.

El Gráfico 5 se dispondrá de tal forma que pueda reflejar el porcentaje promedio de todos los años de estudio por cada hora para así saber cuantitativamente la magnitud del fenómeno.

Gráfico 5

Porcentaje promedio de la incidencia de accidentes por hora.



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

El Gráfico 5 evidencia que la mayor incidencia porcentual de accidentes transcurre en 6:00-7:00 am y 5:00-6:00 pm con un 8.0% y 9.6% respectivamente.

3.1.4.2 Análisis de accidentes por día

El análisis de accidentes por día se realiza segregando los accidentes proveídos por el inventario de accidentes entre los días de la semana para así evidenciar la distribución de la accidentalidad a lo largo de las semanas del año.

La Tabla 11 se dispondrá segregando los accidentes del inventario vial entre el día ocurrido y los años de estudio, para a su vez también presentar la frecuencia media porcentual de todos los días en todos los años de estudio.

Tabla 11

Accidentes por Día.

Día	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Porcentaje
Lunes	23	27	16	19	18	103	16%
Martes	18	23	11	12	15	79	12%
Miércoles	17	27	25	17	10	96	15%
Jueves	18	20	19	16	15	88	14%
Viernes	19	26	25	17	19	106	17%
Sábado	21	19	17	21	17	95	15%
Domingo	11	9	13	18	18	69	11%
Total	127	151	126	120	112	636	

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

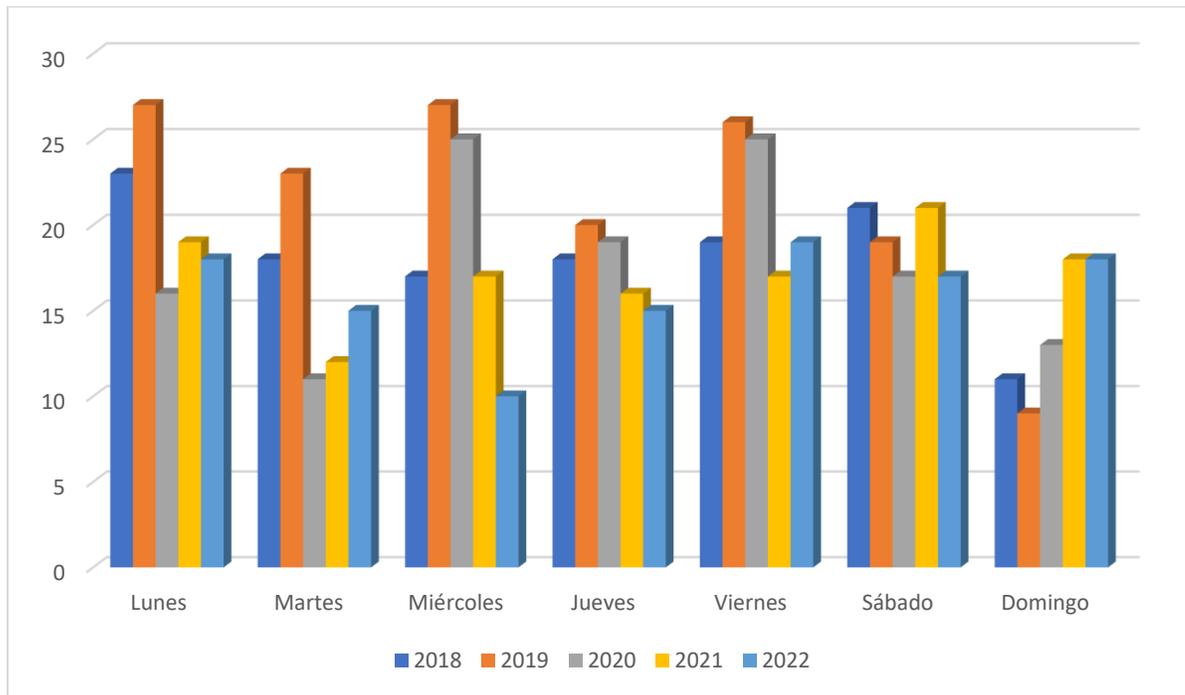
En la Tabla 11 y el Gráfico 6 se puede observar que en el 2018 el día más crítico por su ocurrencia de accidentes es el lunes, seguido por el viernes. En el 2019 el primer lugar lo comparten los días lunes y miércoles, seguido por el viernes. En el 2020 los días con mayor accidentalidad fueron el miércoles y viernes, el segundo puesto lo ocupa el día jueves. El sábado es el día más crítico en el año 2021, seguido por el lunes y el domingo aparece en tercer puesto. En el 2022 el día viernes se posiciona como el día que más registró accidentes, solo por un accidente menos los días lunes y domingos tuvieron la segunda mayor cantidad de accidentes registrados.

Según lo mencionado anteriormente se puede decir que los días con mayor tendencia a tener accidentes son los días lunes, miércoles y viernes. En la

mayoría de los años los días domingos y martes son los que registran menor accidentalidad.

Gráfico 6

Comparación grafica de la accidentalidad ocurrida entre día de semana por cada año.



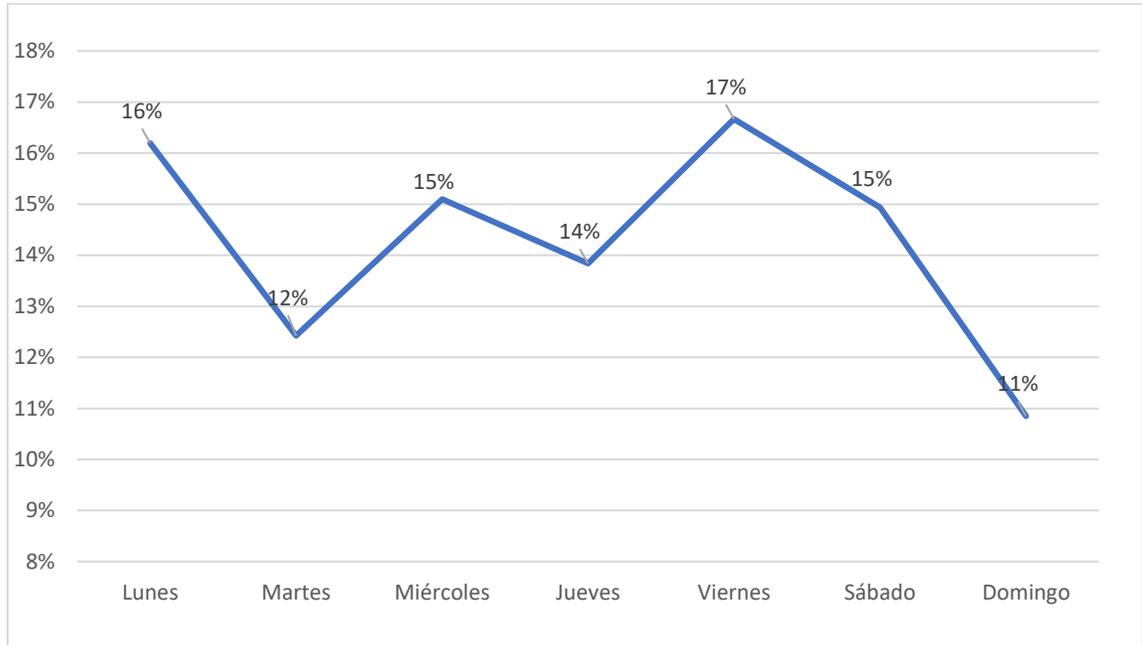
Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

El Gráfico 6 muestra la distribución de la accidentalidad ocurrida por cada día de la semana en todos los años y se puede evidenciar una mayor incidencia de accidentes en todos los años en los días lunes, miércoles y viernes.

En el estudio será necesario representar gráficamente el porcentaje promedio de accidentalidad ocurrida por día de la semana para así visualizar la distribución normal de la accidentalidad en el tramo, el cual se representará a continuación en el Gráfico 7.

Gráfico 7

Porcentaje promedio de la accidentalidad en el periodo en estudio por cada día de la semana



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

En el Gráfico 7 se puede evidenciar que los accidentes van desde el 11% al 17% más o menos distribuidos uniformemente, pero en el cual se puede ver que los días más peligrosos son los días lunes y viernes con 16% y 17% respectivamente.

3.1.4.3 Análisis de accidentes por mes

El análisis por mes tiene la finalidad de segregar los datos de los accidentes proveídos por el inventario de accidentes (Ver tabla anexos VIII- LXXXVIII) en los meses del año para así deslumbrar la distribución de los accidentes en el año.

La Tabla 12 se dispondrá segregando los accidentes del inventario vial entre los meses del año en el cual ocurrió cada accidente y los años de estudio, para a su vez también presentar la frecuencia media porcentual de todos los meses en todos los años de estudio.

Tabla 12

Incidencia de accidentes por mes en cada año de análisis.

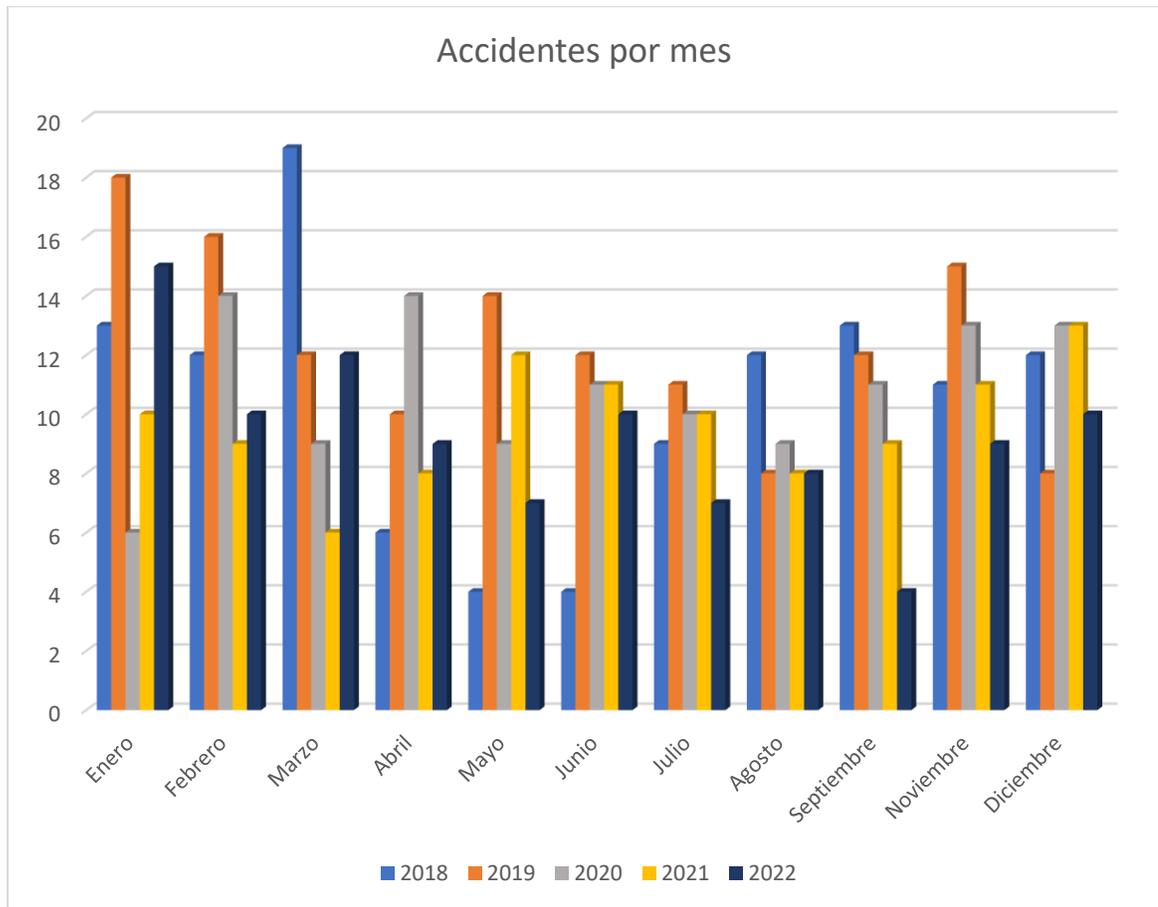
	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Enero	13	18	6	10	15	62
Febrero	12	16	14	9	10	61
Marzo	19	12	9	6	12	58
Abril	6	10	14	8	9	47
Mayo	4	14	9	12	7	46
Junio	4	12	11	11	10	48
Julio	9	11	10	10	7	47
Agosto	12	8	9	8	8	45
Septiembre	13	12	11	9	4	49
Octubre	12	15	7	13	11	58
Noviembre	11	15	13	11	9	59
Diciembre	12	8	13	13	10	56
Total	127	151	126	120	112	636

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

La Tabla 12 representa la frecuencia media porcentual de todos los meses en todos los años de estudio y en esta podemos ver que el mes de marzo de 2018 es el que tiene la mayor cantidad de accidentes ocurridos con un total de 19 accidentes seguido por el mes de enero de 2019 con 18 accidentes, el mes de febrero del 2020 con 14 accidentes, octubre y diciembre de 2021 con 13 accidentes cada uno y enero de 2022 con 15 accidentes.

Gráfico 8

Representación gráfica de la accidentalidad ocurrida por mes en cada año.



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

3.1.5 Análisis de accidentabilidad

Se analizarán los registros de accidentes de tránsito en el tramo en estudio en los últimos años para analizar las causas reales en base a los peritajes de los accidentes viales donde realizaremos la identificación de los lugares donde tienden a ocurrir accidentes viales llamados Puntos Críticos.

3.1.6 Accidentes por puntos críticos

Según el análisis de los datos estadísticos de la Policía Nacional los puntos donde se registran el mayor número de accidentes en el tramo estudiado son:

- Empalme Tipitapa-Masaya. (estación 21+780)

- Intersección colegio Gaspar García. (estación 23+280)
- Intersección entrada a la modelo. (estación 22+189)
- Astro Carton. (estación 25+000)
- Km 21 Carretera Tipitapa a Masaya.
- Policía Distrito 8. (estación 21+240.88)
- Intercepción Billares Mairena. (estación 22+912)
- Monumento Pedro Arauz Palacios. (estación 23+000)
- KM 24 Carretera Tipitapa Masaya
- km 23 1/2 Carretera Tipitapa Masaya.

En estos puntos es donde se desencadenan la mayor parte de los accidentes los cuales reúnen una serie de circunstancias y características que pueden llevar a ocasionar accidentes de tránsito y así mismo potencializados por factores mecánicos y humanos al momento de producirse el accidente.

Las intersecciones y empalmes son considerados puntos críticos en una carretera, ya que estas son una parte esencial de la red vial, en éstas se puede cambiar de vía para seguir un itinerario deseado, por esto es necesario alta vigilancia policial para reducir los conflictos entre los distintos movimientos.

Los resultados del análisis de los inventarios correspondientes a los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 reflejan que los puntos críticos de accidentes son los mismos. En los 5 km estudiados se localizaron 10 puntos críticos de accidentes de los cuales los 4 antes mencionados es donde se dan con mayor frecuencia.

Determinar las principales causas y factores estadísticos de los accidentes de tránsito como lo son: los humanos, vehiculares y viales. Valorar la peligrosidad del tramo en estudio en base a la longitud de la vía, la población y el parque vehicular. Para estas relaciones, los indicadores más utilizados son los siguientes:

Tabla 13

Accidentes por puntos críticos.

Puntos Críticos	2018	2019	2020	2021	2022	Total	Porc.
Empalme Tipitapa	30	35	21	22	26	134	36%
Intersección colegio Gaspar García	9	6	3	6	8	32	9%
Intersección entrada La modelo	9	2	3	5	6	25	7%
KM 25 Carretera Tipitapa a Masaya	5	3	2	8	7	25	7%
Km 21 Carretera Tipitapa a Masaya	9	5	2	4	1	21	6%
Policía Distrito 8	4	6	6	8	8	32	9%
Intersección Billares Mairena	3	6	2	4	3	18	5%
KM 23 Carretera Tipitapa Masaya	3	13	5	8	8	37	10%
KM 24 Carretera Tipitapa Masaya	2	7	8	2	6	25	7%
km 23 1/2 Carretera Tipitapa Masaya	2	5	9	7	2	25	7%
Total	76	88	61	74	75	374	100%

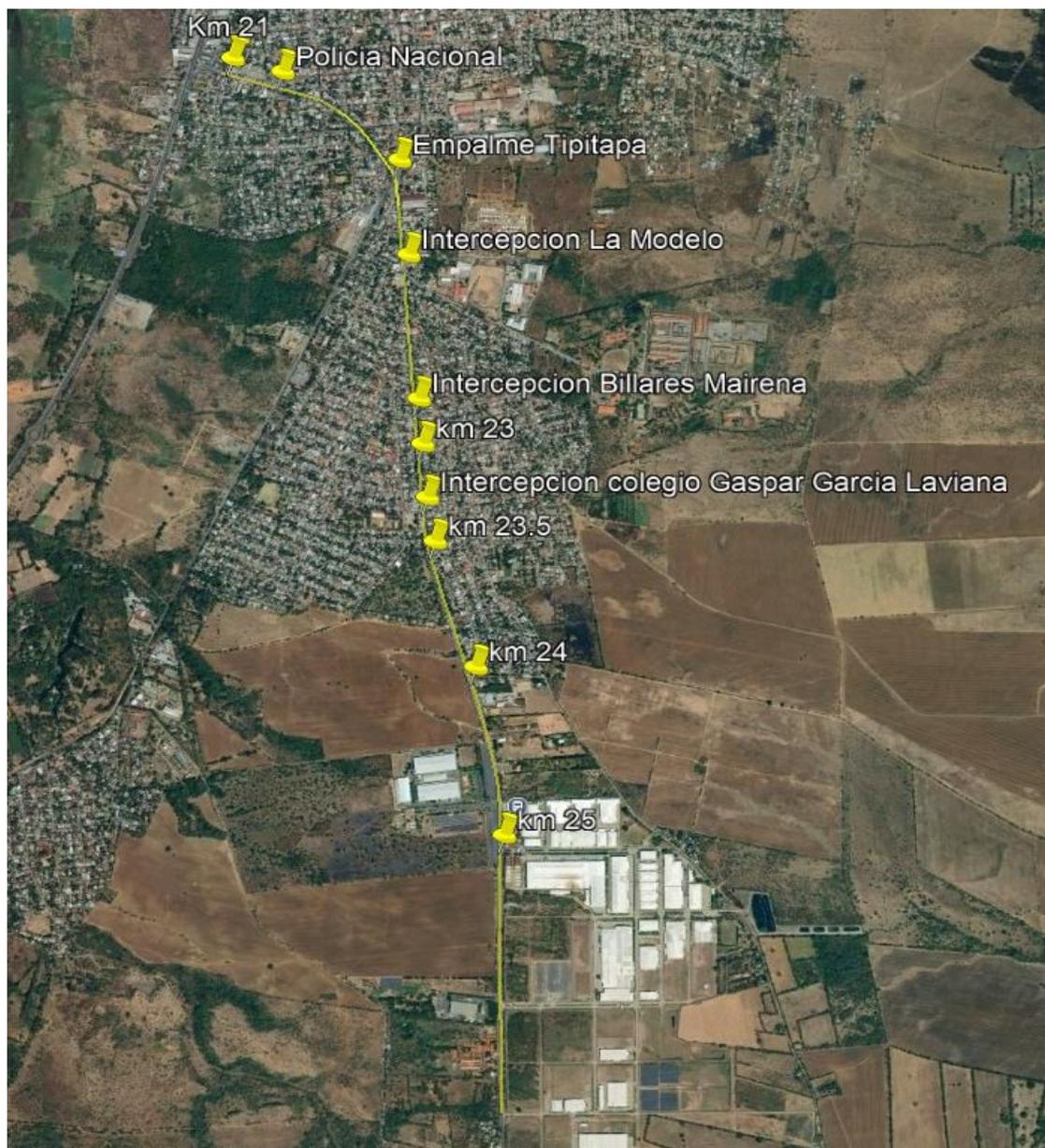
Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

La Tabla 13 refleja la cantidad y porcentaje relativo de los accidentes ocurridos en los diversos sectores del tramo en estudio en el cual se evidencia que empalme Tipitapa representa en promedio el 36% de los accidentes que equivale a aproximadamente a una media de 27 accidentes al año, por otra parte la intersección que se encuentra contiguo al monumento a Pedro Arauz Palacios representa en promedio el 10% de los accidentes que equivale a aproximadamente a una media de 7 accidentes al año, y la intercepción al colegio

Gaspar García Laviana representa en promedio el 9% de los accidentes que equivale a aproximadamente a una media de 6 accidentes al año, entre otros.

Gráfico 9

Ubicación de los puntos críticos.



Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 10 y el Gráfico 11 reflejan gráficamente la distribución de los porcentajes de los accidentes que ocurren en cada ubicación de puntos críticos.

Gráfico 10

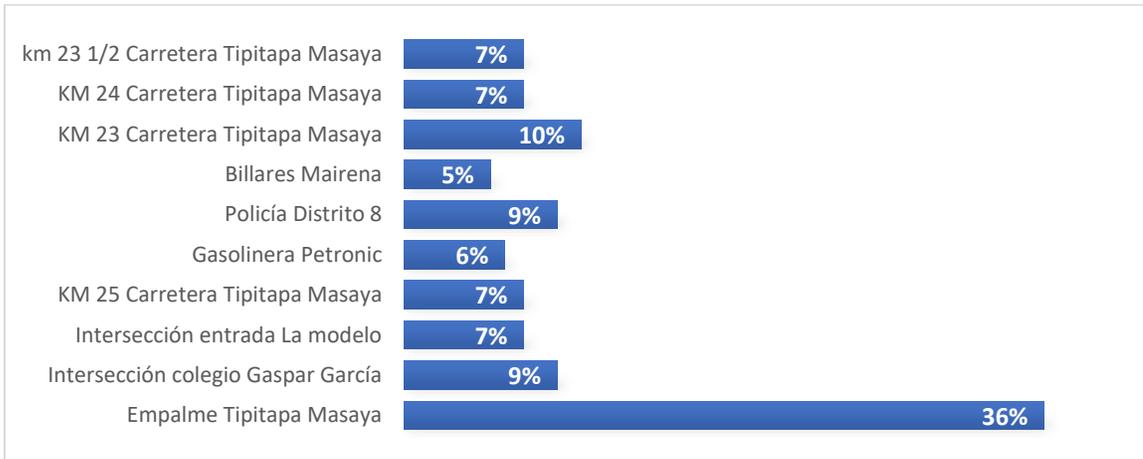
Representación gráfica de la variación de accidentes ocurridos año en cada punto crítico.



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

Gráfico 11

Porcentaje de los accidentes de tráfico ocurridos en cada punto crítico.



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

3.1.7 Magnitud del problema

Al relacionar los saldos en muertos y heridos, proporcionalmente con la población, con los vehículos, o con el kilometraje recorrido, se dispondrá de cifras o índices que permitirán hacer comparaciones acerca del comportamiento de la accidentalidad. Estas darán la escala para juzgar la magnitud del problema. Esta comparación puede hacerse entre ciudades, entidades políticas, tramos de carreteras, países, o bien un sistema o red vial a través del tiempo.

Los índices de accidentalidad se calcularán para el tramo y también a nivel nacional para así establecer una comparación entre ambos y así dictaminar el nivel de seguridad de la vía en estudio.

3.1.7.1 Índices con respecto a la población (P)

Este índice se trabajará con respecto a la población del municipio de Tipitapa la cual se refleja en la tabla, expresado por cada 100,000 habitantes.

Tabla 14

Población total del municipio de Tipitapa por cada año.

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Población	145,748	148,390	151,066	153,777	156,523

Fuente: Anuarios estadísticos del Instituto Nacional de Información de Desarrollo de Nicaragua (INIDE) de los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

Los índices son el de accidentalidad, el de morbilidad y el de mortalidad, con respecto al número de habitantes en el año de que se trate, expresados por cada 100,000 habitantes. Matemáticamente se expresan como:

3.1.7.2 Índice de accidentalidad

$$I_{\frac{A}{P \text{ año}}} = \frac{\text{No de accidentes en el año} * 100,000 \text{ hab}}{\text{No de habitantes}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$I \frac{A}{P_{\text{año } 2018}} = \frac{127 * 100,000hab}{145,748hab} = 87$$

Es útil para comparar ciudades, entidades políticas o sistemas de carreteras y calles, semejantes en la base económica.

3.1.7.3 Índice de morbilidad

$$\frac{I_{morb}}{P \text{ año}} = \frac{\text{No de heridos en el año} * 100,000hab}{\text{No de habitantes}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\frac{I_{morb}}{P \text{ año } 2018} = \frac{18 * 100,000hab}{145,748hab} = 15$$

3.1.7.4 Índice de mortalidad

$$\frac{I_{mort}}{P \text{ año}} = \frac{\text{No de muertos en el año} * 100,000habitantes}{\text{No de habitantes}} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\frac{I_{mort}}{P \text{ año}} = \frac{1 * 100,000hab}{145,748hab} = 1$$

Se estudiará para determinar los factores involucrados en la accidentalidad en el tramo para así evitar posibles siniestros donde para ello se evaluará los puntos críticos, los motivos, etc.

Tabla 15

Índices de accidentalidad respecto a la población.

	2018	2019	2020	2021	2022
Población	145,748	148,390	151,066	153,777	156,523
Número de accidentes	127	151	126	120	112
Número de heridos	22	22	14	18	14
Número de muertos	1	1	1	7	1
Índice de accidentalidad	87	102	83	78	72
Índice de morbilidad	15	15	9	12	9
Índice de mortalidad	1	1	1	5	1

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

Una vez calculados los índices de accidentalidad del tramo de carretera en estudio, se procederán a comparar los índices con respecto a la escala nacional para poder así evaluar si el tramo en estudio es más seguro que los índices nacionales o no, para ello primeramente se procederá a estimar el índice de accidentalidad nacional con respecto a la población.

El índice de accidentalidad, morbilidad y mortalidad nacional con respecto a la población se calculará empleando la Ecuación 1, Ecuación 2 y la Ecuación 3:

$$I_{\frac{A}{P \text{ año}}} = \frac{\text{No de accidentes en el año} * 100,000 \text{ hab}}{\text{No de habitantes}}$$

$$I_{\frac{morb}{P \text{ año}}} = \frac{\text{No de heridos en el año} * 100,000 \text{ hab}}{\text{No de habitantes}}$$

$$I_{\frac{mort}{P \text{ año}}} = \frac{\text{No de muertos en el año} * 100,000 \text{ hab}}{\text{No de habitantes}}$$

Tabla 16

Cálculo del índice de accidentalidad a escala nacional con respecto a la población.

		Cantidad	Población Nacional	Índice Nacional
Año 2018	Accidentalidad	39406	6460411	609.96
	Morbilidad	2751	6460411	42.58
	Mortalidad	726	6460411	11.24
Año 2019	Accidentalidad	41920	6527691	642.19
	Morbilidad	3278	6527691	50.22
	Mortalidad	846	6527691	12.96
Año 2020	Accidentalidad	38714	6595674	586.96
	Morbilidad	3139	6595674	47.59
	Mortalidad	830	6595674	12.58
Año 2021	Accidentalidad	45927	6664364	689.14
	Morbilidad	3332	6664364	50.00
	Mortalidad	904	6664364	13.56
Año 2022	Accidentalidad	48106	6733763	714.40
	Morbilidad	3274	6733763	48.62
	Mortalidad	978	6733763	14.52

Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados en los anuarios estadísticos de INIDE.

Habiendo calculado el índice de accidentalidad, mortalidad y morbilidad a escala nacional por cada cien mil habitantes se procede a realizar la comparación con los índices calculados para el tramo en estudio, el cual se expondrá en la Tabla 17:

Tabla 17

Comparación entre el índice de accidentalidad con respecto a la población nacional y del tramo en estudio.

		Índice nacional	Índice del tramo
Año 2018	Accidentalidad	609.96	87
	Morbilidad	42.5	15
	Mortalidad	11.23	1
Año 2019	Accidentalidad	642.18	102
	Morbilidad	50.21	15
	Mortalidad	12.96	1

Año 2020	Accidentalidad	586.96	83
	Morbilidad	47.59	9
	Mortalidad	12.58	1
Año 2021	Accidentalidad	689.14	78
	Morbilidad	49.99	12
	Mortalidad	13.56	5
Año 2022	Accidentalidad	714.39	72
	Morbilidad	48.62	9
	Mortalidad	14.52	1

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

El capítulo de accidentalidad en relación a la comparación entre los índices locales y nacionales con respecto a la población por cada 100,000 habitantes el cual evidencia la accidentalidad oscila entre 587 y 714 accidentes por cada 100,000 habitantes el cual es muy superior que el dato más alto de accidentalidad el cual ocurrió el 2019 y fue de 102 accidentes por cada 100,000 habitantes.

La morbilidad a escala nacional oscila entre 42 y 50 lesionados por cada 100,000 habitantes el cual es muy superior que los datos más altos de morbilidad del tramo los cuales ocurrieron el 2018 y 2019 y fue de 15 lesionados por cada 100,000 habitantes.

La mortalidad a escala nacional oscila entre 11 y 14 fallecidos por cada 100,000 habitantes el cual es muy superior que los datos más altos de mortalidad del tramo los cuales ocurrieron el 2021 y fue de 5 fallecidos por cada 100,000 habitantes.

3.1.7.5 Índices con respecto al parque vehicular (V)

Al igual que en el caso anterior los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad son con respecto al número de vehículos registrados (# de vehículos registrados) en el año respectivo, expresados por cada 10,000 vehículos se realiza con la finalidad de poder apreciar la magnitud del problema de accidentalidad tomando en cuenta la variación del parque vehicular para así

dictaminar de una manera imparcial la variación con respecto al periodo de estudio.

A continuación, en la Tabla 18 se representa la evolución del parque vehicular en el departamento de Managua y a nivel Nacional.

Tabla 18

Parque vehicular del departamento de managua y a nivel nacional.

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Parque vehicular nacional	950,762	1,001,327	1,045,677	1,077,166	1,164,300
Parque vehicular departamental	454,263	472,072	464,464	475,816	503,554

Fuente: Anuarios estadísticos del Instituto Nacional de Información de Desarrollo de Nicaragua (INIDE) de los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

3.1.7.6 Índice de accidentalidad

$$I_{\frac{A}{Veh}} = \frac{\text{No de accidentes en el año} * 10,000}{\text{No de vehiculos registrados}} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$I_{\frac{A}{Veh_{2018}}} = \frac{127 * 10,000veh}{454,263veh} = 2.80$$

Indica el número de accidentes por cada 10,000 vehículos. Útil para comparar ciudades, entidades o países, aunque exista diferente base económica.

3.1.7.7 índice de morbilidad

$$I_{A/veh} = \frac{\text{No de heridos} * 10,000veh}{\text{No de vehiculos registrados}}$$

Ecuación 5

$$I_{\frac{morb}{Veh2018}} = \frac{18 * 10,000veh}{454,263veh} = 0.48$$

3.1.7.8 Índice de mortalidad

$$I_{A/veh} = \frac{\text{No de muertes en el año} * 10,000veh}{\text{No de vehiculos registrados}}$$

Ecuación 6

$$I_{\frac{mort}{Veh2018}} = \frac{1 * 10,000veh}{454,263veh} = 1$$

Tabla 19

Índices de accidentalidad respecto al parque vehicular.

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Población	454,263	472,072	464,464	475,816	503,554
Número de accidentes	127	151	126	120	112
Número de heridos	22	22	14	18	14
Número de muertos	1	1	1	7	1
Índice de accidentalidad	2.80	3.20	2.71	2.52	2.22
Índice de morbilidad	0.48	0.47	0.30	0.38	0.28
Índice de mortalidad	0.02	0.02	0.02	0.15	0.02

Fuente: *Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.*

3.1.7.9 Comparación entre nivel local y nivel nacional.

Una vez calculados los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad en el tramo de carretera, se procederán a comparar los índices con respecto a la escala nacional para poder así evaluar la hipótesis sobre si el tramo en estudio es más seguro que la media nacional o no, para ello primeramente se procederá a estimar el índice de accidentalidad nacional con respecto al parque vehicular.

El índice de accidentalidad, morbilidad y mortalidad nacional con respecto a la población se calculará empleando la Ecuación 4, Ecuación 5 y la Ecuación 6:

$$I_{\frac{A}{Veh}} = \frac{\text{No de accidentes en el año} * 10,000veh}{\text{No de vehiculos registrados}}$$

$$I_{\frac{morb}{Veh}} = \frac{\text{No de heridos en el año} * 10,000veh}{\text{No de vehiculos registrados}}$$

$$I_{\frac{mort}{Veh}} = \frac{\text{No de fallecidos en el año} * 10,000veh}{\text{No de vehiculos registrados}}$$

Tabla 20

Cálculo del índice de accidentalidad a escala nacional con respecto al parque vehicular.

		Cantidad	Parque vehicular Nacional	Índice Nacional	Índice del tramo
Año	Accidentalidad	39406	950,762	414.47	2.8
2018	Morbilidad	2751	950,762	28.93	0.48
	Mortalidad	726	950,762	7.64	0.02
Año	Accidentalidad	41920	1,001,327	418.64	3.2
2019	Morbilidad	3278	1,001,327	32.74	0.47

	Mortalidad	846	1,001,327	8.45	0.02
Año	Accidentalidad	38714	1,045,677	370.23	2.71
2020	Morbilidad	3139	1,045,677	30.02	0.3
	Mortalidad	830	1,045,677	7.94	0.02
Año	Accidentalidad	45927	1,077,166	426.37	2.52
2021	Morbilidad	3332	1,077,166	30.93	0.38
	Mortalidad	904	1,077,166	8.39	0.15
Año	Accidentalidad	48106	1,164,300	413.18	2.22
2022	Morbilidad	3274	1,164,300	28.12	0.28
	Mortalidad	978	1,164,300	8.40	0.02

Fuente: Elaboración propia con los datos recopilados en los anuarios estadísticos de INIDE y datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

Habiendo calculado el índice de accidentalidad, mortalidad y morbilidad a escala nacional por cada cien mil habitantes se procede a realizar la comparación con los índices calculados para el tramo en estudio, el cual se expondrá en la Tabla 21:

Tabla 21

Comparación entre el índice de accidentalidad con respecto al parque vehicular nacional y del tramo en estudio.

		Índice Nacional	Índice del tramo
Año 2018	Accidentalidad	414.40	2.80
	Morbilidad	28.93	0.48
	Mortalidad	7.63	0.02
Año 2019	Accidentalidad	418.64	3.20
	Morbilidad	32.73	0.47
	Mortalidad	8.44	0.02
Año 2020	Accidentalidad	370.22	2.71
	Morbilidad	30.01	0.30
	Mortalidad	7.93	0.02
Año 2021	Accidentalidad	426.36	2.52
	Morbilidad	30.93	0.38

	Mortalidad	8.39	0.15
Año 2022	Accidentalidad	413.17	2.22
	Morbilidad	28.11	0.28
	Mortalidad	8.39	0.02

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

La Tabla 21 refleja la comparación entre los índices locales y nacionales con respecto al parque vehicular por cada 10,000 automotores el cual evidencia que la accidentalidad oscila entre 370 y 426 accidentes por cada 10,000 automotores el cual es muy superior que el dato más alto de accidentalidad el cual ocurrió el 2019 y fue de 3.2 accidentes por cada 10,000 vehículos.

La morbilidad a escala nacional oscila entre 28 y 32 lesionados por cada 10,000 automotores el cual es muy superior que los datos más altos de morbilidad del tramo los cuales ocurrieron el 2018 y fue de 0.48 lesionados por cada 10,000 vehículos.

La mortalidad a escala nacional oscila entre 7.63 y 8.44 fallecidos por cada 10,000 habitantes el cual es muy superior que los datos más altos de mortalidad del tramo los cuales ocurrieron el 2021 y fue de 0.15 fallecidos por cada 100,000 habitantes.

Otros índices de accidentes:

3.1.7.10 Índice de accidentalidad con respecto al kilometraje de viaje

Es el número de accidentes por un millón de vehículos-kilómetros de viaje. Se expresa como:

$$I_{A/K} = \frac{\text{No de accidentes en el año} * 1,000,000}{VK} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde VK representa el número de vehículos-kilómetros de viaje al año, y es igual a:

$$VK = TPD * 365 * L$$

Ecuación 8

TPD es el tránsito promedio diario y L es la longitud del viaje (como el caso de un tramo determinado de una carretera) el cual será el máximo valor obtenido el día martes tal como lo muestra la tabla de resultados Tabla 54. El valor de VK también se puede determinar multiplicando el consumo anual de combustible por el rendimiento promedio. Este índice es útil para comparar núcleos de población, entidades, países o carreteras individuales.

$$TPD = 12,574 \text{ veh}$$

$$L = 5 \text{ km}$$

$$VK = 12,574 * 365 * 5\text{km} = 22,947,550 \text{ veh} * \text{dia} * \text{km}$$

Tabla 22

Indices de accidentalidad respecto al kilometraje de viaje.

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Vk	22.947.55	22.947.55	22.947.55	22.947.55	22.947.55
Número de accidentes	127	151	126	120	112
Índice de accidentalidad	5,53	6,58	5,49	5,23	4,88

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Policía Nacional, DTN.

3.2 Inventario vial

3.2.1 Introducción

Para el inventario vial se realizó una inspección física de diferentes elementos en el tramo de estudio, los cuales incluyen las señales verticales y horizontales, paradas de autobuses, drenaje mayor y menor, características geométricas de la sección transversal y las condiciones del terreno.

3.2.2 Identificación del tramo

El tramo en estudio corresponde a la NIC-11A, iniciando en el KM 21 en el empalme de la Petronic y finalizando en el KM 26 carretera Tipitapa-Masaya, con un total de 5 km. La vía está ubicada aproximadamente entre 12°11'41.56" - 12°9'14.08" latitud norte y 86°06'12.04"- 86 05'34.11" longitud Oeste, en el municipio de Tipitapa, departamento de Managua.

3.2.3 Clasificación funcional

Según la Red Vial de Nicaragua (MTI, 2020) el tramo se encuentra en el grupo de carreteras pavimentadas (pavimento flexible). Clasificado por su tipo de construcción. Así también se clasifica como Troncal Principal según su servicio para la cual fue diseñada a brindar, ya que atiende grandes volúmenes de tránsito cuyo TPDA es mayor a 1,000 vehículos con un valor de 12,574 veh/hr y se conecta con centros urbanos con más de 50,000 habitantes.

3.2.4 Uso del suelo

El tramo en estudio se encuentra en una zona urbanizada, ya que la población estimada de la zona es de más de 50,000 habitantes, también funciona como conexión agrícola ya que se producen granos como el sorgo y el maní. Sobre el tramo también se ubican empresas industriales como la zona franca Astro Cartón, metalúrgica Blandón, fábrica de productos lácteos CENTROLAC, almacenes, sitios de entretenimientos como bares, así mismo se encuentran negocios y emprendimientos de pequeña envergadura como pulperías, talleres automotrices, mini superes, venta de frutas, restaurantes y demás negocios.

3.2.5 Condiciones actuales del pavimento

En términos generales el tramo se encuentra en buenas condiciones, no obstante, en algunos puntos se logra observar el desgaste del pavimento, así como algunos baches, fisuras y piel de cocodrilo.

En mayor medida estas afectaciones se presentan en las entradas de las calles transversales a la vía, por lo tanto, esto representa un problema ya que puede causar que los conductores tengan menor maniobrabilidad de sus vehículos y disminución de velocidad en estos puntos de entrada.

Tabla 23

Criterios para evaluar una superficie de rodamiento.

Daños a carpetas asfálticas				
Estado	Piel de cocodrilo	Bache	Desintegración de bordes	Parchado
Bueno	Fisuras muy finas con un ancho menor a 2mm, los bordes de las fisuras no presentan desgaste.	Tiene una profundidad menor de 2.5 cm, con diámetro promedio menor de 70cm.	Fisuras no agravadas, paralelas al borde sin signos de peladura o desintegración.	El parche se encuentra con muy poco o ningún deterioro.
Regular	Fisuras muy finas menor de 5 mm de ancho formando polígonos pequeñas y angulosas.	Profundidad máxima de 2.5 a 5cm con un diámetro menor de 70 cm.	Fisuras paralelas al borde y peladuras de cualquier tipo sin llegar a la rotura o desintegración.	Se evidencia un moderado deterioro alrededor de los bordes.
Malo	Las fisuras han progresado de manera que pueden ser removidas al ser sometidas al tránsito y	Con un diámetro mayor de 100cm y una profundidad mayor de 5cm.	El borde resulta sinuoso reduciendo el ancho de la calzada.	El parche esta severamente dañado siendo necesario el reemplazo del mismo.

logran la
formación de
baches.

Fuente: Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras edición 2010, pág. 10-25.

En la Tabla 24 se muestra los daños encontrados en el tramo, así como el nivel en el que se encuentran tomando en cuenta los parámetros establecidos en la Tabla 23.

Tabla 24 Estado de la carpeta de rodamiento del tramo.

Daño	Estado de la carpeta	Imagen del daño
Estación 21+195.5: Bache en tapa de Poso de Visita Sanitario.	Regular	
Estación 21+234: Bache en vado, banda derecha.	Malo	

Daño	Estado de la carpeta	Imagen del daño
Estación 21+471: Fisura en asfalto, banda derecha.	Regular	
Estación 22+697: Bache en entrada en banda derecha.	Malo	
Estación 22+775: Bache en vado en banda izquierda.	Malo	

Daño	Estado de la carpeta	Imagen del daño
Estación 22+938: Bache en cuneta banda izquierda.	Malo	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6 Topografía del terreno

Según la Tabla 25 clasificación de los terrenos en función de sus pendientes naturales, el terreno en el tramo de estudio se clasifica como plano ya que su pendiente es menor de 5%.

Tabla 25

Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes.

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

Fuente: *Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 3ra Edición, 2011. Pág. 116.*

Para calcular la pendiente del tramo en estudio se hizo un estacionamiento cada 100 metros y se utilizó la aplicación digital Google Earth Pro, debido a que por falta de presupuesto no se logró conseguir un aparato GPS más preciso, de esa manera se obtuvo las coordenadas de cada estacionamiento y su altura medida sobre el nivel del mar (MSNM), para así proceder a calcular la pendiente con la Ecuación 9, las cuales se muestran en la *Tabla 26*.

Cálculo de pendiente de un tramo:

$$pendiente\% = \frac{altura\ final - altura\ inicial}{longitud\ de\ sección} * 100$$

Ecuación 9

$$pendiente\%_{21+000-21+100} = \frac{46m - 46m}{100m} * 100 = 0\%$$

Tabla 26

Pendiente por cada 100 metros del tramo

Estación	Coordenadas		Altura	MSNM	Pendiente
	Longitud	Latitud			
21+000	-86.103347	12.194878	46		0%
21+100	-86.102509	12.194649	46		1%
21+200	-86.101666	12.194426	47		1%
21+300	-86.101173	12.194373	48		0%
21+400	-86.100228	12.194082	48		2%
21+500	-86.09928	12.19355	50		1%
21+600	-86.098518	12.19305	51		1%
21+700	-86.098109	12.192435	52		1%
21+800	-86.097509	12.19172	53		1%
21+900	-86.097257	12.191102	54		1%
22+000	-86.096873	12.189967	55		0%
22+100	-86.096638	12.189164	55		0%
22+200	-86.096752	12.188111	55		0%
22+300	-86.096672	12.187368	55		0%
22+400	-86.096622	12.186428	55		1%
22+500	-86.096539	12.185537	56		1%
22+600	-86.096463	12.184513	57		2%
22+700	-86.096242	12.183653	59		2%
22+800	-86.096292	12.182825	61		1%
22+900	-86.096248	12.181989	62		0%
23+000	-86.096224	12.181138	62		0%
23+100	-86.095932	12.179976	62		0%
23+200	-86.095937	12.178562	62		1%

Estación	Coordenadas		Altura	MSNM	Pendiente
	Longitud	Latitud			
23+300	-86.09583	12.178316	63		0%
23+400	-86.095766	12.177541	63		1%
23+500	-86.095598	12.176498	64		0%
23+600	-86.095339	12.175765	64		1%
23+700	-86.094849	12.17465	65		1%
23+800	-86.094827	12.173626	66		1%
23+900	-86.094657	12.172735	67		1%
24+000	-86.094394	12.17202	68		1%
24+100	-86.094073	12.171335	69		1%
24+200	-86.09402	12.170472	70		1%
24+300	-86.093658	12.16957	71		1%
24+400	-86.093446	12.168612	72		1%
24+500	-86.093324	12.167626	73		2%
24+600	-86.093152	12.175777	75		2%
24+700	-86.092969	12.16568	77		1%
24+800	-86.092896	12.165086	78		1%
24+900	-86.092977	12.164094	79		0%
25+000	-86.093023	12.163172	79		0%
25+100	-86.092974	12.162242	79		2%
25+200	-86.092972	12.161141	81		1%
25+300	-86.092935	12.160503	82		1%
25+400	-86.092904	12.159518	83		0%
25+500	-86.092933	12.158727	83		1%
25+600	-86.09292	12.157668	82		1%
25+700	-86.092956	12.15664	81		1%
25+800	-86.092824	12.15569	80		1%
25+900	-86.09285	12.154794	79		0%
26+000	-86.092811	12.153913	79		0%

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 Sección transversal

Las características físicas y geométricas de las carreteras de Nicaragua según el tipo de superficie se detallan en la Tabla 27.

Tabla 27

Características físicas y geométricas de una carretera en Centroamérica.

Características	Rango
Ancho de corona	6.0 – 10.0 m
Ancho de la calzada	6.0 - 7.3 m
Derecho de vía	*20.0 – 40.0 m
Bombeo	2.0 – 3.0 %
Velocidad de diseño	60.0 – 80 km/h
Pendiente máxima	3.0 – 8.0 %
Pendiente ponderada	0.5 – 4%
Carga de puente	HS15 – 44, HS20 – 44 y HS20 – 44+25%

Fuente: Red Vial de Nicaragua 2020, (pág. 15). Ley de derecho de vía, publicada en la Gaceta.

El derecho de vía que tiene el tramo varía normalmente desde 16.6 hasta 40m, incrementando hasta 70 m en las áreas de las zonas francas existentes en el tramo, ya que sus estacionamientos forman parte del derecho de vía. Se observa que no cumple con lo mencionado en la *Tabla 27* con respecto a al rango de dimensiones del derecho de vía.

A fin de tener un panorama más exacto del derecho de vía del tramo se procedió a hacer estacionamientos cada 100 m para su medición, debido a las variaciones de sección y se midieron estaciones adicionales cuando se presentaban cambios significativos en la sección transversal. En la Tabla 28 los elementos geométricos de la vía levantados en el tramo.

Tabla 28

Elementos geométricos de la vía.

Estación	Banda Izquierda							Banda Derecha							Derecho de vía
	Ancho carril	Hombro	Cuneta	Anden	Drenaje	C.V.	Área Verde	Anchos de carril	Hombro	Cuneta	Anden	Drenaje	C.V.	Área Verde	
21+000	3.7	1.9			1.9		2.2	3.8	1.9	0.4	2			2.2	20
21+100	3.7	1.9	0.6	2				3.7	1.9	0.4	2				16.2
21+200	3.8	1.9	0.6	2				3.8	1.9	0.4	2			4.5	20.9
21+300	3.8	1.9	0.6	2			1	3.8	1.9	0.4	2			3.5	20.9
21+400	3.8	2.1	0.6	2			2.1	3.7	2.1	0.6	2			4.1	23.1
21+435.8	3.8	2	0.6	2			1.9	3.6	2.8						
21+500	3.7	2.1	0.6					3.8	2	0.6	2			6.2	21
21+600	3.6	0.9	0.7	1			14.35	3.6	0.8	0.7	1			10.1	36.75
21+700	3.7	2	0.6	2			7.7	3.8	2.3	0.6	2			8.79	33.49
21+800	3.7	2.2	0.6				8.2	6.3	1.7					9.5	32.2
21+900	Aquí se tiene el empalme de Tipitapa por lo tanto la sección transversal se observa de mejor manera en el Gráfico 11.														
22+000	4.1	0.8	0.5	2			8.2	3.9	1	0.6	2			2.8	25.9
22+100	4	0.7	0.7	2			7.35	3.8	0.5	0.7	2				21.75

Estación	Banda Izquierda							Banda Derecha							Derecho de vía
	Ancho carril	Hombro	Cuneta	Andén	Drenaje	C.V.	Área Verde	Anchos de carril	Hombro	Cuneta	Andén	Drenaje	C.V.	Área Verde	
22+200	4	0.6	0.6	2			7.3	3.9	0.6	0.6	2			5.8	27.4
22+300	3.9	0.4	0.6				5	3.9	0.6	0.6	2			8.5	25.5
22+400	3.7	0.8	0.6	2			5	3.9	0.7	0.6	2			2.7	22
22+500	3.6	0.9	0.6	1.3			9.8	3.5	0.8	0.6	2.2				23.3
22+600	3.7	0.8	0.6	2.1			8.1	3.8	0.8	0.6	2			5.25	27.75
22+700	3.7	0.8	0.5	2.1			8	3.8	0.8	0.6	2			6.8	29.1
22+800	3.8	0.7	0.5	2			13.8	3.7	0.9	0.5	1.7			11.1	38.7
22+900	3.6	0.8	0.6	2			14	3.7	0.7	0.6	2			11	39
23+000	3.7	0.8	0.6	2			13.6	3.6	0.8	0.6	2			9.4	37.1
23+100	3.7	0.7	0.6	2			13.5	3.7	0.7	0.6	2			12.4	39.9
23+200	3.7	0.7	0.6	2			13.2	3.7		2				12	37.9
23+214	3.7	0.7	0.6	2			13.2	3.7	0.7	0.6	2			7	34.2
23+300	4.1		0.5	1			7.85	3.7		0.5	2			12.5	32.15
23+400	3.4	0.7	0.6	1			14.2	3.6	0.8	0.6	2			12	38.9
23+468	3.4	0.7	0.6	1	0	0	14.2	3.6	0.8	0.6	2	0	0	12	38.9

Estación	Banda Izquierda							Banda Derecha							Derecho de vía
	Ancho carril	Hombro	Cuneta	Anden	Drenaje	C.V.	Área Verde	Anchos de carril	Hombro	Cuneta	Anden	Drenaje	C.V.	Área Verde	
23+500	3.7	0.8	0.7	1			12.2	3.7	0.8	0.7	1			5.4	30
23+528	3.7	0.8	0.7	1			14	3.7	0.8	1	6	1.3		4	37
23+600	3.7	0.8	0.7	1			6	3.7	0.8	0.7	1			0.6	19
23+700	3.7	0.7	0.6	1			14.7	3.7	0.7	0.6	1			10.2	36.9
23+800	3.7	0.8	0.6	1			14.1	3.7	4		2			6	35.9
23+820	3.7	0.8	0.6	1	0	0	14.1	3.7	4	0	2		1.8	6	37.7
23+900	3.6	0.8	0.6	1			14	3.7	0.8	0.7	1		1.8	7.1	35.1
24+000	3.6	0.8	0.6	1			7	3.6	0.8	0.6	1		1.9	6.3	27.2
24+100	3.6	0.9	0.6	1			8.5	3.7	0.75	0.6	1		1.8	6.1	28.55
24+200	3.6	0.9	0.6	1			9.3	3.6	0.8	0.6	1		2	7.3	30.7
24+300	3.5	1		1			6	3.7	0.7	0.6	1		1.9	6.9	26.3
24+370	3.8	0.9		1.8			6	3.7	1.5					32.6	50.3
24+400	3.6	0.8		2			5.3	6.3	0.7					28.3	47
24+500	6.8	1.7	0.3	2		1.3		6.9	1.4	0.6	3.7			32.3	57
24+600	6.8	1.7	0.3	2			3.5	6.9	1.4	0.6	3.8			30.4	57.4
24+700	6.6	0.9		4			2	6.7	1.5	0.6	3.8			38.5	64.6
24+800	5.6	0.6	0.5	2.1			4.6	6.7	1.7	0.58	3.8			33.5	59.68
24+900	6.4	0.6		2.6			6.4	6.6			3.8			26.1	52.5
25+000	3.3	0.6		2	4	2.3	2.8	3.3	1.2	0.2	2			7.7	23.5
25+100	3.5	1.4	0.15	1.2		1.4	7	3.6	1.2	0.15	2.4			8.4	30.4

Estación	Banda Izquierda							Banda Derecha							Derecho de vía
	Ancho carril	Hombro	Cuneta	Andén	Drenaje	C.V.	Área Verde	Anchos de carril	Hombro	Cuneta	Andén	Drenaje	C.V.	Área Verde	
25+200	3.5	1.2	0.15			3.1	7.2	3.4	1.1	0.15			2.1	7.5	29.4
25+300	3.7	0.7	0.5			1.9	8.3	3.6	0.9	0.5				9.3	29.4
25+400	3.6	0.8	0.6			3	7.7	3.6	0.8	0.5			2	8.5	31.1
25+500	3.5	4.2		2.1			11.7	3.5	0.9	0.4	2		1.7	44.5	74.5
25+600	3.5	0.6	0.4	4.45		2.2	4.3	3.5	0.8	0.7	2.2		1.5	51	75.15
25+700	3.8	0.8		2.4			3.9	3.4	1.2		1.9		1.8	7.8	27
25+800	3.5		0.4			2.1	9	3.5	0.9	0.4	1.6			8.5	29.9
25+900	3.5	1					10.3	3.5	1					8.5	27.8
26+000	3.5	0.8		7.3			4.6	3.5	1					9.2	29.9

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12

Vista aérea del empalme Tipitapa estación 21+900



Fuente: <https://earth.google.com/web/@12.19063791,-86.09702426,53.5567144a,450.00514392d,35y,-0h,0t,0r/data=OgMKATA>.

3.2.8 Señalización vertical

Se realizó un conteo e inspección de todas las señales verticales colocadas por las autoridades en el tramo en estudio, tanto en la banda izquierda como derecha, se tomaron medidas de sus dimensiones y se clasificaron según su tipo, se contabilizaron un total de 48 señales verticales la tabla muestra la cantidad de cada tipo de señales encontradas.

Tabla 29

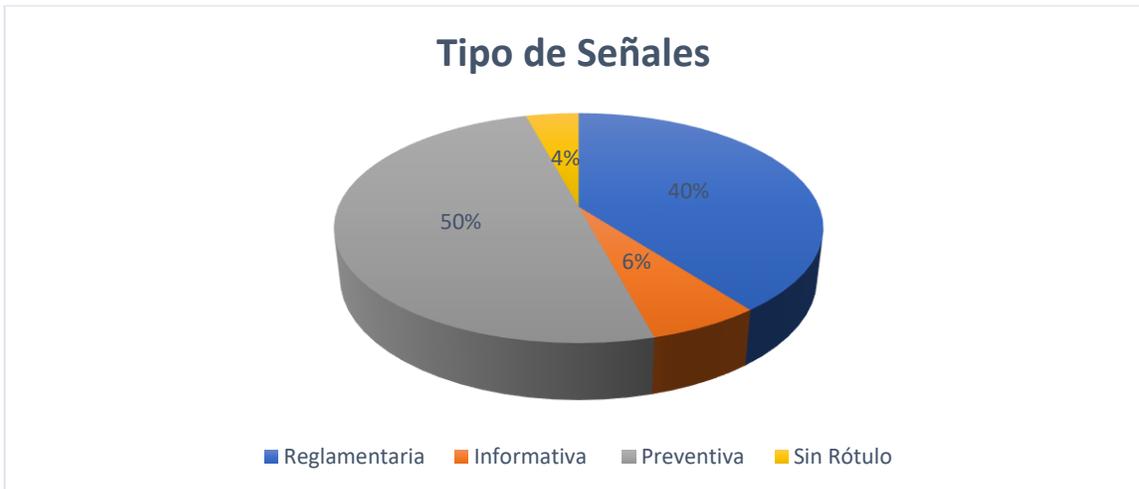
Tipos de señales verticales en el tramo.

Tipos de señales	Total	% por tipo
Reglamentaria	19	39.58%
Informativa	3	6.25%
Preventiva	24	50.00%
Sin Rótulo	2	4.17%
Total	48	100.00%

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

Gráfico 13

Tipos de señales verticales en el tramo.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 13 se observa que la mayoría de señales encontradas en el tramo fueron las preventivas, esto se debe a la necesidad de señales de este tipo ya que se ubican varios colegios y diferentes comercios a lo largo de la vía, por lo

tanto, se tienen muchos peatones y estudiantes circulando. También la mayor presencia de señales preventivas responde a la necesidad de que los conductores respeten las intersecciones y cruces existentes. Se encontraron 2 señales sin rotulo y en mal estado por lo tanto se tiene una problemática ya que las señales no cumplen su función.

El manual SIECA en la Tabla 30 nos da los parámetros para poder clasificar las señales según el estado en que se encontraron.

Tabla 30

Características del estado de las señales verticales

Condición	Descripción
Bueno	Cumplen con lo estipulado en el manual SIECA de medidas y ubicación, mensaje legible y capa reflectora intacta
Regular	Manchadas, pero no obstruyen el mensaje y pintura desprendida de los laterales
Mala	Mala visibilidad, oxidadas, manchadas, decoloración, capa reflectora desprendida.

Fuente: Manual centroamericano de Dispositivo de Control de Tránsito, SIECA, pág. 50.

A continuación, se tiene un resumen de las señales encontradas y su clasificación según el estado en el que se encontraron en la Tabla 31 y el Gráfico 14.

Tabla 31

Estado de las señales verticales encontradas

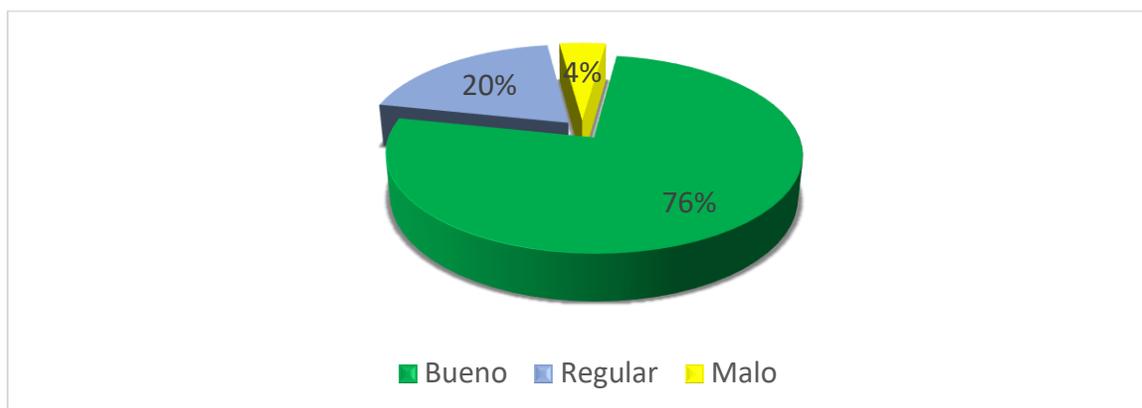
Tipos de señales	Códigos	Cantidad	Estado de la señal		
			Bueno	Regular	Malo
Reglamentaria	(R-1-1)	4	1	3	
	(R-2-1)	4	3	1	
	(E-1-1, E-3-3)	1	1		
	E-3-1, R-2-1, E-3-2	3	3		
	R-10-1	2		2	
	R-1-2, R-15-9	1			1
	R-2-1, P-9-8	1	1		

	R-6-1	2	1	1
	R-8-1	1	1	
Informativas	ID-1-8	1	1	
	ID-1-5	1		1
	ID-2-1	1	1	
Preventivas	E-1-1	3	3	
	E-1-1, E-1-2	4	4	
	E-1-3	6	6	
	P-1-2	1	1	
	P-12-4a	1		1
	P-9-10	4	3	1
	P-9-5	5	5	
	Total	46	35	9
			2	

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

Gráfico 14

Estado de las señales verticales.



Fuente: Elaboración propia.

Analizando el Gráfico 13, se tiene que el 73% de las señales se encontraron en buen estado por lo tanto cumplen sus funciones y se puede deducir que han sido instalada recientemente o se les da su mantenimiento adecuado periódicamente.

Para saber si las señales encontradas cumplen con las normas internacionales para su instalación es necesario hacer un cuadro comparativo

donde se compare de manera general las medidas de su altura y claro lateral de los tipos de señales con las normas que se estipulan en el (SIECA, 2014).

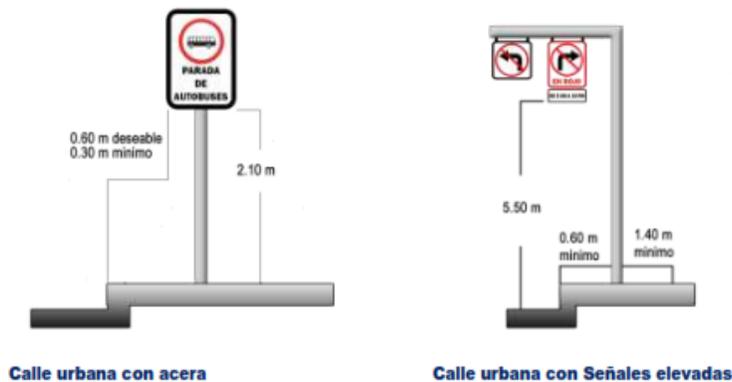
La comparativa se realizó de manera general colocando los rangos en los cuales se encontraron las señales, ver la Tabla 33:

Gráfico 15

Estándares de colocación de señales informativas.



Fuente: Manual Centroamericano de dispositivos de control de tránsito, SIECA. Pag. 50.



Fuente: Manual Centroamericano de dispositivos de control de tránsito, SIECA. Pag. 51.

Tabla 32

Parámetros de distancias de señales verticales.

En zona urbana		
Tipo de Señal	Altura de la Arista (m)	Distancia a la acera (m)
Reglamentaria	2.10	0.30 - 0.60
Preventiva	2.10	0.30 - 0.60
Informativa	2.10	1.80 - 3.5

Fuente: Manual centroamericano de dispositivos de control de tránsito, SIECA 2000, págs. 50-60.

Tabla 33

Comparación entre las señales verticales encontradas y las normas del SIECA

Señales reglamentarias		
Parámetros SIECA	Levantamiento de campo	Fotos
Claro Lateral: Deseable: 0.60m. Mínimo: 0.30m.	Claro lateral: Entre 0 y 5.1m	
Altura: 2.10m.	Altura Entre 1.29m y 2.69m	
Comentarios	En campo se levantaron un total de 18 señales reglamentarias, las cuales la mayoría no cumplen con las normas requeridas por el SIECA, sin embargo 11 de las señales se encuentran en buen estado y son visibles fácilmente.	
Señales informativas		
Parámetros SIECA	Levantamiento de campo	Fotos
Claro Lateral: Deseable: 0.60m. Mínimo: 0.30m.	Claro lateral: Entre 0.15 y 1.80m.	
Altura: 2.10m.	Altura Entre 1.34 y 1.6m	
Comentarios	En levantamiento de campo se visualizaron 3 señales informativas y la mayoría no cumple con lo establecido por el SIECA, no obstante 2 de estas se encuentran en buen estado y todas son visibles.	
Señales preventivas		
Parámetros SIECA	Levantamiento de campo	Fotos

22+010	X	Bueno	12.1894823	-86.0965206
23+015.2	X	Malo	12.1811138	-86.096224
24+021.5	X	Bueno	12.17.1578	-86.02959
25+025	X	Bueno	12.162828	-86.092959
26+023	X	Bueno	12.153663	-86.042963

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35

Estado de los postes kilométricos

Estación	Estado	Figura	Observación
21+000	Bueno		El poste se encuentra en un buen estado, sin desgaste en la pintura ni en su estructura, está cerca de la cuneta lo cual facilita su visualización.
22+010	Bueno		Se observa que el poste se encuentra en un buen estado, con su pintura recién colocada y está ubicada a una larga distancia de la acera, lo que dificulta su visualización.
23+015.2	Bueno		Este poste está en mal estado, con su estructura de concreto dañada y mal ubicado ya que está muy

Estación	Estado	Figura	Observación
			alejado de la acera.
24+021.5	Bueno		Está en buenas condiciones, su pintura recién aplicada y bien ubicada, sin embargo, no está al nivel de la vía por lo que se observa un poco bajo.
25+025	Regular		Se encuentra en estado regular, tiene un poco de desgaste en su pintura, no obstante, se encuentra bien posicionado.
26+023	Bueno		Está en buenas condiciones, sin desgaste en la pintura ni en su estructura de concreto.

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

En términos generales los postes se encuentran en buen estado y sin desgaste de en su pintura, el principal problema se tiene que es la ubicación de los postes, ya que se encuentran alejados de la acera por lo cual dificulta su visualización.

3.2.10 Postes Guías

En el inventario vial se observaron 3 postes guías, los cuales se encuentran en mal estado y muy desgastados, en la tabla se presenta el estado de cada poste guía y una descripción de cada uno.

Tabla 36

Postes guías encontrados en el tramo

Estación	Ubicación		Estado	Foto	Descripción
	Izq.	Der.			
23+410	X		Malo		Este poste se encuentra ubicado correctamente y tiene buena visibilidad, sin embargo, tiene daños en su estructura de concreto y la pintura se encuentra parcialmente borrada.
23+447	X		Malo		Este poste se encuentra ubicado correctamente y tiene buena visibilidad, sin embargo, tiene daños en su estructura de concreto y la pintura se encuentra parcialmente borrada.
23+468	X		Malo		Este poste se encuentra en muy malas condiciones, observándose un daño moderado en su estructura y su altura no es la óptima para su correcta visibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.11 Bahías para autobuses

La Tabla 37 muestra las dimensiones típicas requeridas según (SIECA, 2011) de las bahías de autobuses según su longitud de entrada, parada y salida, así como el ancho que debe tener la bahía.

Tabla 37

Dimensiones típicas para una bahía de autobuses.

Diseño	Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	Long. Total
Para un bus	9	15	15	3	39
Para un bus	12	15	20	4	47
Para dos buses	9	30	15	3	54
Para dos buses	12	30	20	4	77
Para tres buses	12	45	20	4	77

Fuente: Manual centroamericano para el diseño geométrico de carreteras con enfoque en gestión de riesgo y seguridad vial, pág. 149.

Según (SIECA, 2011), el ancho de las bahías para autobuses se propone que tenga entre 3.0 y 4.0 metros, sin embargo, cuando haya acumulación de vehículos, debe haber un ancho mínimo de 5.0 metros para posibilitar el adelantamiento de los vehículos estacionados.

En el inventario vial se levantaron 9 bahías de buses, algunas localizadas a la banda derecha y otras a la banda izquierda, en la Tabla 38 se muestran las dimensiones de cada bahía y su respectiva estación.

Tabla 38

Bahías de autobuses existentes en el tramo de estudio.

Estación	BI	BD	Dimensiones				Long. Total (m)
			Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	
23+236	X		15.4	22	16.6	3.5	54
23+240		X	22.6	22	6.2	3.5	50.8
23+760		X	21.5	22.8	16	4	60.3
23+845	X		16.1	22	21.5	4.4	59.6
25+125	X		16.3	36.5	17.5	4	70.3
25+627	X		27.3	30	15.7	7.4	73
25+734		X	17.6	25.3	18.6	7.5	61.5

25+734	X	17.6	67.4	-	6.3	85
--------	---	------	------	---	-----	----

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

Según las dimensiones de las bahías encontradas, se observa que están diseñadas para el estacionamiento de un bus y al ser una vía muy transitada se tomará como ancho mínimo 5 metros según lo estipulado por la (SIECA, 2011). Algunas bahías cuentan con separador y otras no, por lo tanto, se tomará como parámetro mínimo las bahías para un bus y sin separador. En la Tabla 39 se tiene los resultados del análisis para determinar si las bahías cumplen o no, con los parámetros establecidos.

Tabla 39

Comparación de las dimensiones de las bahías con los parámetros mínimos SIECA.

Estación	Dimensiones			
	Entrada	Parada	Salida	Ancho
23+236	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
23+240	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
23+760	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
23+845	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
25+125	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
25+627	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
25+734	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
25+734	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 39 se observa que la mayoría de las dimensiones si cumplen con los parámetros establecidos, sin embargo, con respecto al ancho de la bahía la mayoría no cumple con el mínimo de 5 metros, por lo cual se entiende que no se tuvo en cuenta el volumen de tráfico que circula por la vía y que eso puede causar atascos ya que algunos buses no ocupan de manera adecuada la bahía y otros no hacen uso del todo.

Mientras se realizaba la inspección del tramo se encontraron algunos lugares donde las personas esperan el bus y no se encuentran bahías de buses habilitadas, estas son consideradas como paradas informales ya que los buses se detienen sobre el carril de circulación para subir a los pasajeros, así obstruyendo el tráfico y causando posibles atascos. En la Tabla 40 se muestra las paradas informales existentes en ambos sentidos.

Tabla 40

Paradas de buses informales encontradas en el tramo.

Paradas informales			
Parada	Estación	Banda	
		Izquierda	Derecha
Distrito 8 Policía Nacional	21+248.75	X	X
Delegación INSS Tipitapa	22+316.27	X	
Hospital Monte España	22+602.94	X	X
Antiguos Billares Mairena	22+924	X	
Centrolac	25+500		X

Fuente: Elaboración propia.

3.2.12 Señalización horizontal

Para poder determinar el estado de las señales horizontales se necesita conocer los parámetros establecidos por el SIECA los cuales se encuentran en la Tabla 41 y se observa cómo se debe evaluar si la señal está en buenas, regulares o malas condiciones.

Tabla 41

Clasificación del estado de las señales horizontales.

Estado	Foto	Comentario
Bueno		<p>La pintura está adherida a la superficie y posee reflectividad que por la noche ayuda a los conductores a distinguir las líneas centrales y de borde. No necesita de reparación, según el Manual Centroamericano de Mantenimiento, de carreteras (SIECA, 2010, pág. 201).</p>
Regular		<p>La pintura está desgastada por manchas, huellas de vehículos, pero las rayas por la noche poseen reflectividad funcional y ayuda a los conductores a mantener el control del vehículo dentro de la carretera. Necesita de aplicación de pintura en las líneas transversales y longitudinales, marcas y signos para poder realizar maniobras viales de forma segura, según el Manual Centroamericano de Mantenimiento de carreteras. (SIECA, 2010, pág. 201)</p>
Malo		<p>La pintura está desgastada, no tiene reflectividad y no es una marca funcional, o en su defecto ya no existe ninguna marca. Requiere remarcación de la superficie de rodadura, aplicación de pintura y reposición de marca existente, según Manual Centroamericano de Mantenimiento de carreteras (SIECA, 2010, pág. 201).</p>

Fuente: Elaboración propia, parámetros obtenidos del Manual de mantenimiento de carreteras, edición 2010, pág. 201.

En el inventario vial se contabilizaron un total de 111 señalizaciones horizontales, entre la cuales se encontraron: líneas de carril, líneas de centro,

flechas direccionales, pasos peatonales, ceda el paso, alto y ciclo vía. Se analizaron y clasificaron según el estado en el que se encontraron tomando en cuenta los criterios establecidos por el (SIECA, 2010), ver anexos pag., tabla.

El Gráfico 16 muestra el porcentaje de señales encontradas en buen, regular y mal estado, se puede observar que en su mayoría las señales se encuentran en regular estado y solo el 10% se encuentra en buen estado, lo que significa que no necesitan mantenimiento por el momento. El 90% restante necesita un repintado lo más pronto posible para evitar accidentes por falta de visibilidad de las señales y para que estas sean respetadas sin que el infractor pueda alegar el mal estado de dichas señales.

Gráfico 16

Estado de las señales horizontales del tramo en estudio.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.13 Drenaje mayor y menor

En el inventario vial se observaron diferentes tipos de drenaje entre los cuales destaca las cunetas, ya que están presentes a lo largo de toda la vía como forma de drenar el agua y evitar la acumulación de esta sobre la vía.

3.2.13.1 Estado del drenaje

Se inspeccionaron de cerca el estado en que se encuentra el drenaje a lo largo del tramo y para su valoración se tomó en cuenta la cantidad de basura

acumulada, el estado del concreto con el que se revistió cada drenaje, la circulación de aguas negras y la capacidad de drenar el agua pluvial.

Tabla 42

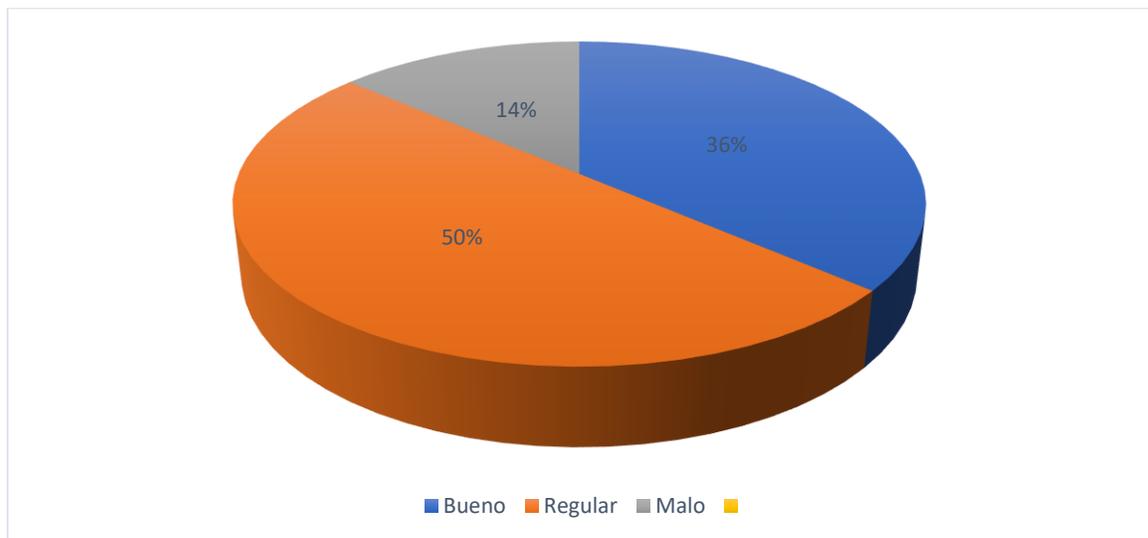
Estado del Drenaje encontrado en el tramo.

Estado	Cantidad	Porcentaje
Bueno	8	36.36%
Regular	11	50.00%
Malo	3	13.64%
Total	22	100.00%

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

Gráfico 17

Estado del drenaje.



Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

En la Tabla 43 se tiene un resumen del sistema de drenaje encontrado en la vía, el detalle completo se encuentra en los anexos.

Tabla 43

Drenajes encontrados en el tramo de estudio.

Drenaje	Imagen	Observación
Vados		La mayoría de vados se encontraron en mal estado debido al deterioro por la constante circulación de agua y a la falta de mantenimiento
Alcantarillas		Se encontraron 11 alcantarillas de las cuales 8 se encuentran en buen estado, las demás requieren algún tipo de mantenimiento o limpieza debido a que se encuentran en regular o mal estado. Su diseño varia desde una hasta 3 tuberías de concreto reforzado.
Cunetas		Las cunetas están presentes en todo el largo de la vía, ya que fue el drenaje superficial principal encontrado para guiar las aguas y evitar la

acumulación de esta en el pavimento.

Canales paralelos a la vía



Se encontraron cauces naturales con algunas secciones revestidas, esto para evitar la excesiva erosión del suelo y la posible inestabilidad de los taludes de la vía.

Caja Puente



En el tramo se localiza una caja puente que funciona para la circulación de las aguas pluviales provenientes de aguas arriba del cauce de la zona y así no obstruir el paso vehicular, se encontró en regular estado y se observó la presencia de basura y circulación de aguas grises

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Estudio de velocidad

3.3.1 Introducción

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de un sistema vial es la velocidad de los vehículos. Desde este punto de vista, para medir la calidad del movimiento del tránsito se utilizan la velocidad de punto y la velocidad de marcha. Se estimará la velocidad de una muestra del conjunto de vehículos de la vía para así para calcular así la velocidad del flujo vehicular. (Cal & Cárdenas Giraes, 2018).

Habiendo realizado todos estos incisos se procederá a detallar de una manera adecuada los datos recolectados, los conocimientos científicos de la ingeniería de tránsito, así como las herramientas empleadas para la realización del estudio como lo son los dispositivos móviles, los GPS, los cronómetros, los formatos de estudio de velocidad.

Según el Manual de Conductor de la Policía Nacional de Nicaragua una velocidad segura en vías urbanas es de 45 kph, en carreteras 100 kph, zonas escolares 25 kph y en pistas 60 kph, entiéndase como segura aquella que permite tener dominio del vehículo. (Policia Nacional, 2022).

3.3.2 Estudio de velocidad

El estudio de velocidad se refiere a la evaluación de la velocidad de punto de los vehículos que circulan en el tramo con la finalidad de evaluar la seguridad de los usuarios de la vía, así como para calcular la calidad del movimiento del flujo vehicular.

Para ello se procederá a proseguir con los siguientes pasos: Determinación de la muestra y cálculo de velocidad de punto.

3.3.3 Velocidad de punto

3.3.3.1 Generalidades

El método manual más utilizado para el registro de las velocidades de punto es el del cronómetro, en el cual sobre una distancia determinada (de 25 a 80 metros,

de acuerdo con la velocidad) que se ha marcado con dos rayas de gis o pintura en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla.

El observador se sitúa en un lugar conveniente entre las marcas. Cuando las ruedas delanteras de un determinado vehículo pasan sobre la primera marca, el observador inicia la marcha del cronómetro, y cuando el mismo vehículo toca la segunda marca con las ruedas delanteras, se detiene la marcha del cronómetro.

La velocidad se obtiene dividiendo la distancia prefijada, en metros, entre el tiempo que se requirió para recorrerla, en segundos y centésimas de segundo. El resultado obtenido, en metros por segundo, se convierte a kilómetros por hora, teniéndose así la velocidad de punto. Se supone aquí, que el vehículo a lo largo de la distancia de referencia, no cambia su velocidad, por lo tanto, el tramo escogido debe tener condiciones muy uniformes que no provoquen aceleraciones o desaceleraciones. Existen también dispositivos automáticos para medir velocidades de punto, entre los cuales se puede mencionar el radar. (Cal & Cárdenas Giraes, 2018, pág. 274).

3.3.3.2 Lugar del estudio de velocidad de punto

El punto seleccionado para realizar el estudio de velocidad de punto debe reunir las características de estar fuera de las zonas urbanas donde no exista fricción en el flujo que circula por la vía ya que estos se deben efectuar generalmente en secciones rectas, a nivel y lejos de intersecciones, asimismo en lugares específicos de acuerdo a los requerimientos para que así se pueda estudiar el comportamiento de la velocidad del flujo vehicular.

El punto seleccionado para realizar el estudio de velocidad en el tramo en estudio es frente a las instalaciones de CENTROLAC en la estación 25+490 debido a que se espera estudiar el comportamiento de la velocidad del flujo vehicular fuera de las zonas urbanas donde no exista fricción en el flujo donde se dispusieron dos rectas con una distancia entre ellas de 100 metros y el uso de cronómetros, este proceso fue realizado el día martes 27 de enero de 2024 de 9:00 am a 3:00 pm.

En el Gráfico 18 que se mostrara a continuación se puede apreciar una imagen satelital de la ubicación exacta del punto de estudio de velocidad en el cual se reúnen características deseadas para la obtención de la velocidad del flujo vehicular.

Gráfico 18

Imagen satelital del punto del estudio vehicular



Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth.

Según el Manual de Conductor de la Policía Nacional de Nicaragua una velocidad segura en vías urbanas es de 45 km/hr , en carreteras 100 km/hr , zonas escolares 25 km/hr y en pistas 60 km/hr , entiéndase como segura aquella que permite tener dominio del vehículo. El punto seleccionado para realizar el estudio de velocidad en el tramo en estudio es la, el estudio se realizó en ambas direcciones, donde la restricción de velocidad es de 45 km/hr por ser una zona urbana.

3.3.3.3 Tamaño apropiado de la muestra n

Para medir la calidad del movimiento de tránsito se utilizó el método de velocidad de punto, este consiste en registrar la velocidad de un vehículo en sitios específicos bajo las condiciones prevalecientes de tráfico y ambientales durante el estudio, es necesario tomar muestras lo suficientemente grandes de manera que los resultados sean estadísticamente significativos.

Si se ha efectuado un análisis anterior de velocidades de punto en el lugar del estudio, la desviación estándar S de las velocidades y el error estándar E de la media pueden ser de utilidad para determinar el tamaño mínimo n que conviene adoptar de una muestra, para llegar a una determinada exactitud con un nivel de confiabilidad dado a través de la constante K . Dicho tamaño necesario de muestra se puede determinar con la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{KS}{e}\right)^2 \quad \text{Ecuación 10}$$

e = Error permitido en la estimación de la velocidad media de todo el tránsito.

En los casos que no se hayan efectuado estudios anteriores y debido a que la variabilidad en las medidas de dispersión de velocidades es limitada, se sugiere una desviación estándar promedio de 8 km/hr , como valor empírico para velocidades de punto en cualquier tipo de vía y de tránsito. Igualmente, el error permitido puede fluctuar de 8 km/hr a 1.5 km/hr o menos aún. De esta manera, el número de velocidades que deberían medirse para obtener un error menor de 1.5 km/hr entre las medias de la muestra y la población con un nivel de confiabilidad del 95.5 % es:

$$n = \left(\frac{KS}{e}\right)^2 = \left(\frac{2.00 * (8.28 \text{ km/h})}{1.5 \text{ km/h}}\right)^2 = 122 \approx 140$$

Esto es, se requieren observar 122 vehículos. Obsérvese que, para los datos del ejemplo, para el mismo nivel de confiabilidad, al emplear datos de 140 vehículos, el error, 1.17 km/hr , es menor. Por lo tanto, el tamaño de muestra de 140 vehículos es más que suficiente, cumpliendo con estos requerimientos.

Para proceder a realizar el estudio se distribuyó la muestra calculada entre los sentidos de la carretera y los tipos de vehículo de la manera que se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44

Distribución de la muestra por cada tipo de vehículo y sentido del flujo.

Tipo	Cantidad (Sentido Tipitapa-Masaya)	Cantidad (Sentido Masaya-Tipitapa)
Motocicleta	15	15
Carro	15	15
Camioneta	10	10
Microbús	5	5
Minibús	5	5
Bus	5	5
camión ligero	5	5
camión pesado	5	5
Tráiler	5	5
Total	70	70

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.4 Recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó un formato donde contenía la siguiente información: Sentido, fecha del estudio, tipo de vehículo y velocidad. Para la toma de datos se procedió a apuntar en el formato el tipo de vehículo que se aproximaba para posteriormente iniciar el cronometro cuando las ruedas delanteras pasaran la primera marca y finalmente detener el cronometro cuando las ruedas delanteras pasaran la marca final apuntando el tiempo empleado en el

formato repitiendo el proceso por cada tipo de automotor por cada dirección de flujo de la carretera. Ver anexos pág. XCIV-XCVII.

3.3.3.5 Calculo

El cálculo de la velocidad de cada automotor en el punto de estudio se realizó dividiendo la distancia recorrida por cada vehículo entre el tiempo empleado para que las ruedas delanteras pasaran desde el punto de comienzo hasta el punto final con una longitud fija de 100 metros, así se obtiene la velocidad en metros por segundos m/s luego este valor se multiplica por un factor de conversión para pasar de m/s a km/hr .

$$V_{m/s} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{tiempo (s)}} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$V_{km/hr} = V_{m/s} * 3.6 \text{ km S/m hr} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$V_{m/s} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{tiempo (s)}} = \frac{100m}{4.99s} = 20.04 \text{ m/s}$$

$$V_{km/hr} = V_{m/s} * 3.6 \text{ km S/m hr} = 20.04 \text{ m/s} * 3.6 \text{ km S/m hr} = 72.14 \text{ km/hr}$$

Tabla 45

Cálculo de la velocidad por tipo de vehículo en la dirección Tipitapa-Masaya.

Dirección Tipitapa-Masaya Estación 25+490 CENTROLAC					
Numero	Tipo	Distancia(m)	Tiempo (S)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
1	Carro	100	4.99	20.04	72.14
2	Carro	100	3.33	30.03	108.11
3	Carro	100	5.29	18.90	68.05
4	Carro	100	7.83	12.77	45.98

Dirección Tipitapa-Masaya Estación 25+490 CENTROLAC					
5	Carro	100	4.74	21.10	75.95
6	Carro	100	4.79	20.88	75.16
7	Carro	100	4.79	20.88	75.16
8	Carro	100	9.09	11.00	39.60
9	Carro	100	5.86	17.06	61.43
10	Carro	100	6.37	15.70	56.51
11	Carro	100	7.32	13.66	49.18
12	Carro	100	5.83	17.15	61.75
13	Carro	100	6.55	15.27	54.96
14	Carro	100	6.38	15.67	56.43
15	Carro	100	6.05	16.53	59.50
16	Motocicletas	100	5.31	18.83	67.80
17	Motocicletas	100	5.68	17.61	63.38
18	Motocicletas	100	5.25	19.05	68.57
19	Motocicletas	100	4.55	21.98	79.12
20	Motocicletas	100	6.1	16.39	59.02
21	Motocicletas	100	6.81	14.68	52.86
22	Motocicletas	100	5.03	19.88	71.57
23	Motocicletas	100	6.59	15.17	54.63
24	Motocicletas	100	5.44	18.38	66.18
25	Motocicletas	100	5.65	17.70	63.72
26	Motocicletas	100	6.17	16.21	58.35
27	Motocicletas	100	6.38	15.67	56.43
28	Motocicletas	100	8.31	12.03	43.32
29	Motocicletas	100	6.25	16.00	57.60
30	Motocicletas	100	6.12	16.34	58.82
31	Camionetas	100	7.73	12.94	46.57
32	Camionetas	100	7.22	13.85	49.86
33	Camionetas	100	6.91	14.47	52.10
34	Camionetas	100	6.03	16.58	59.70
35	Camionetas	100	6.63	15.08	54.30
36	Camionetas	100	7.28	13.74	49.45
37	Camionetas	100	4.98	20.08	72.29
38	Camionetas	100	4.95	20.20	72.73
39	Camionetas	100	5.48	18.25	65.69
40	Camionetas	100	5.39	18.55	66.79
41	Microbuses	100	7.84	12.76	45.92
42	Microbuses	100	6.56	15.24	54.88
43	Microbuses	100	5.71	17.51	63.05
44	Microbuses	100	7.49	13.35	48.06
45	Microbuses	100	6.4	15.63	56.25
46	Minibuses	100	5.73	17.45	62.83
47	Minibuses	100	8.9	11.24	40.45

Dirección Tipitapa-Masaya Estación 25+490 CENTROLAC					
48	Minibuses	100	5.75	17.39	62.61
49	Minibuses	100	7.4	13.51	48.65
50	Minibuses	100	7.57	13.21	47.56
51	Buses	100	7.77	12.87	46.33
52	Buses	100	7.8	12.82	46.15
53	Buses	100	5.25	19.05	68.57
54	Buses	100	6.43	15.55	55.99
55	Buses	100	7.38	13.55	48.78
56	Camiones Ligeros	100	6.62	15.11	54.38
57	Camiones Ligeros	100	5.53	18.08	65.10
58	Camiones Ligeros	100	5.33	18.76	67.54
59	Camiones Ligeros	100	5.8	17.24	62.07
60	Camiones Ligeros	100	7.2	13.89	50.00
61	Camiones Pesados	100	10.6	9.43	33.96
62	Camiones Pesados	100	7.44	13.44	48.39
63	Camiones Pesados	100	5.42	18.45	66.42
64	Camiones Pesados	100	6.17	16.21	58.35
65	Camiones Pesados	100	8.23	12.15	43.74
66	Trailers	100	7.92	12.63	45.45
67	Trailers	100	6.19	16.16	58.16
68	Trailers	100	5.79	17.27	62.18
69	Trailers	100	7.15	13.99	50.35
70	Trailers	100	6.89	14.51	52.25
Promedio					58.36

Fuente: Elaboración propia.

El mismo procedimiento se realiza en la dirección opuesta:

$$V_{m/s} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{tiempo (s)}} = \frac{100m}{5.62s} = 17.79 m/s$$

$$V_{km/hr} = V_{m/s} * 3.6 \text{ km S/m hr} = 17.79 m/s * 3.6 \text{ km S/m hr} = 64.06 \text{ km/hr}$$

Tabla 46

Cálculo de la velocidad por tipo de vehículo en la dirección Masaya-Tipitapa.

Dirección Masaya-Tipitapa Estación 25+490 CENTROLAC					
Numero	Tipo	Distancia (m)	Tiempo (S)	Velocidad (m/s)	Velocidad (Km/h)
1	Carro	100	5.62	17.79	64.06
2	Carro	100	4.78	20.92	75.31
3	Carro	100	6.53	15.31	55.13
4	Carro	100	6.38	15.67	56.43
5	Carro	100	4.34	23.04	82.95
6	Carro	100	6.44	15.53	55.90
7	Carro	100	7.37	13.57	48.85
8	Carro	100	6.65	15.04	54.14
9	Carro	100	8.37	11.95	43.01
10	Carro	100	6.37	15.70	56.51
11	Carro	100	6.53	15.31	55.13
12	Carro	100	7.06	14.16	50.99
13	Carro	100	5.97	16.75	60.30
14	Carro	100	6.4	15.63	56.25
15	Carro	100	4.81	20.79	74.84
16	Motocicletas	100	6.9	14.49	52.17
17	Motocicletas	100	5.94	16.84	60.61
18	Motocicletas	100	7.5	13.33	48.00
19	Motocicletas	100	5.38	18.59	66.91
20	Motocicletas	100	6.25	16.00	57.60
21	Motocicletas	100	7.85	12.74	45.86
22	Motocicletas	100	7.91	12.64	45.51
23	Motocicletas	100	6.86	14.58	52.48
24	Motocicletas	100	5.88	17.01	61.22
25	Motocicletas	100	5.84	17.12	61.64
26	Motocicletas	100	6.91	14.47	52.10
27	Motocicletas	100	7.23	13.83	49.79
28	Motocicletas	100	5.8	17.24	62.07
29	Motocicletas	100	5.86	17.06	61.43
30	Motocicletas	100	5.7	17.54	63.16
31	Camionetas	100	6.93	14.43	51.95
32	Camionetas	100	7.82	12.79	46.04
33	Camionetas	100	9.33	10.72	38.59
34	Camionetas	100	7.59	13.18	47.43
35	Camionetas	100	5.12	19.53	70.31
36	Camionetas	100	6.47	15.46	55.64
37	Camionetas	100	6.74	14.84	53.41
38	Camionetas	100	8.83	11.33	40.77

Dirección Masaya-Tipitapa Estación 25+490 CENTROLAC					
39	Camionetas	100	5.84	17.12	61.64
40	Camionetas	100	7.84	12.76	45.92
41	Microbuses	100	7.56	13.23	47.62
42	Microbuses	100	5.31	18.83	67.80
43	Microbuses	100	7.3	13.70	49.32
44	Microbuses	100	4.69	21.32	76.76
45	Microbuses	100	6.59	15.17	54.63
46	Minibuses	100	7.43	13.46	48.45
47	Minibuses	100	6.87	14.56	52.40
48	Minibuses	100	5.22	19.16	68.97
49	Minibuses	100	6.34	15.77	56.78
50	Minibuses	100	5.59	17.89	64.40
51	Buses	100	5.91	16.92	60.91
52	Buses	100	6.19	16.16	58.16
53	Buses	100	9.74	10.27	36.96
54	Buses	100	9.1	10.99	39.56
55	Buses	100	4.4	22.73	81.82
56	Camiones Ligeros	100	6.19	16.16	58.16
57	Camiones Ligeros	100	7.22	13.85	49.86
58	Camiones Ligeros	100	5.91	16.92	60.91
59	Camiones Ligeros	100	6.81	14.68	52.86
60	Camiones Ligeros	100	6.25	16.00	57.60
61	Camiones Pesados	100	6.12	16.34	58.82
62	Camiones Pesados	100	4.62	21.65	77.92
63	Camiones Pesados	100	6.4	15.63	56.25
64	Camiones Pesados	100	6.53	15.31	55.13
65	Camiones Pesados	100	5.29	18.90	68.05
66	Trailers	100	5.23	19.12	68.83
67	Trailers	100	6.31	15.85	57.05
68	Trailers	100	8.34	11.99	43.17
69	Trailers	100	10.66	9.38	33.77
70	Trailers	100	6.18	16.18	58.25
Promedio					56.62

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.6 Análisis

El análisis de velocidad se realizará comparando la velocidad de la muestra del flujo vehicular por tipo contra el límite de velocidad a la cual se puede transitar en el tramo que al estar ubicado en una zona urbana es de 45 km/hr de este modo se podrá saber el porcentaje de vehículos que respetan y los que no respetan el límite de velocidad en el tramo.

Tabla 47

Estudio de velocidad de la estación 25+490.

Sentido PETRONIC-Masaya, estación 25+490 Centrolac			
Tipo	Exceden	No exceden	Σ Tipo
Motocicleta	14	1	15
Automóvil	14	1	15
Camioneta	10	0	10
Microbús	5	0	5
Minibús	4	1	5
Bus	5	0	5
Camión Ligero	5	0	5
Camión Pesado	3	2	5
Tráiler	5	0	5
Total	65	5	70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48

Estudio de velocidad de la estación 25+490.

Sentido Masaya-PETRONIC estación 25+490 Centrolac			
Tipo	Exceden	No exceden	Σ Tipo
Motocicleta	14	1	15
Automóvil	15	0	15
Camioneta	8	2	10
Microbús	5	0	5
Minibús	5	0	5
Bus	3	2	5
Camión Ligero	5	0	5
Camión Pesado	5	0	5
Tráiler	3	2	5
Total	63	7	70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49

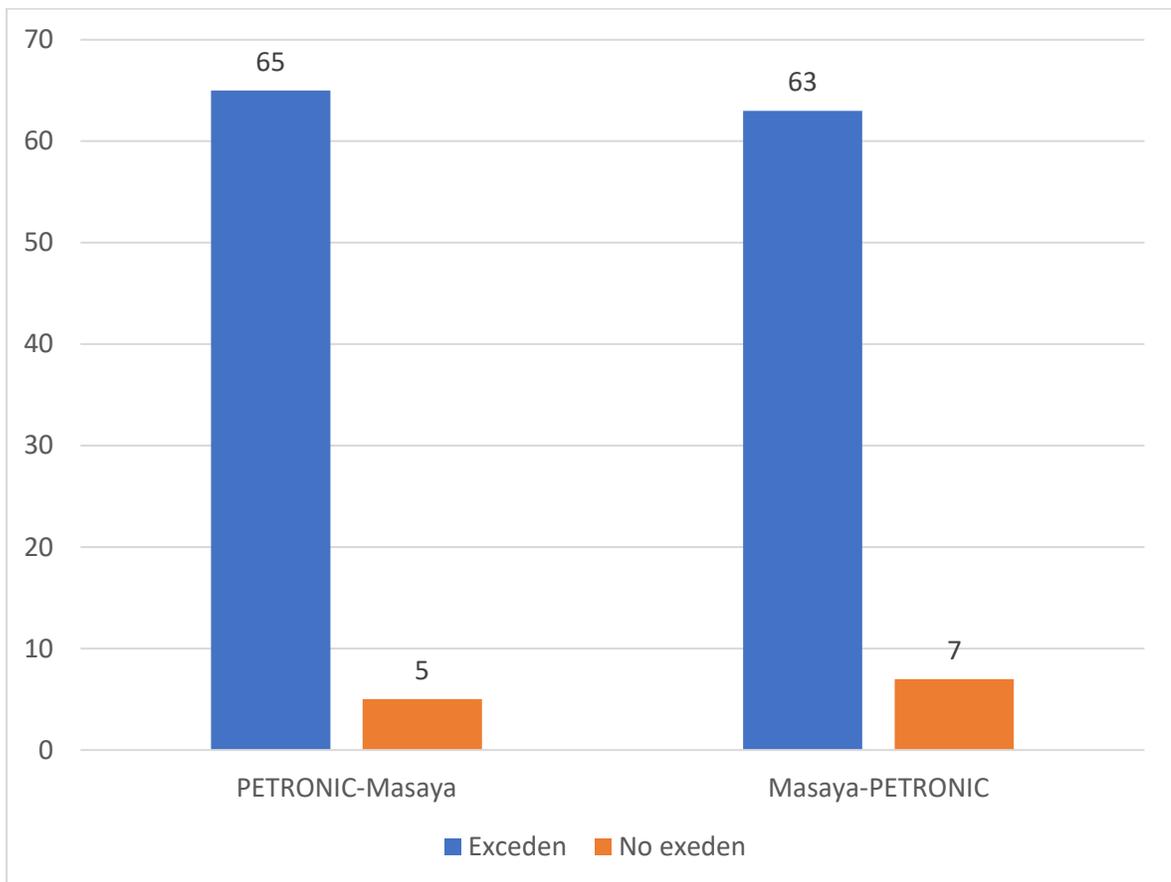
Estudio de velocidad en todo el tramo.

Estación	Lugar de la estación	Velocidad permitida (Km/h)	Sentido	Exceden	No exceden	Total
25+490	CENTROLAC	45	PETRONIC -Masaya	65	5	70
			Masaya - PETRONIC	63	7	70

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 19

Cantidad de vehículos que exceden el límite de velocidad por dirección.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

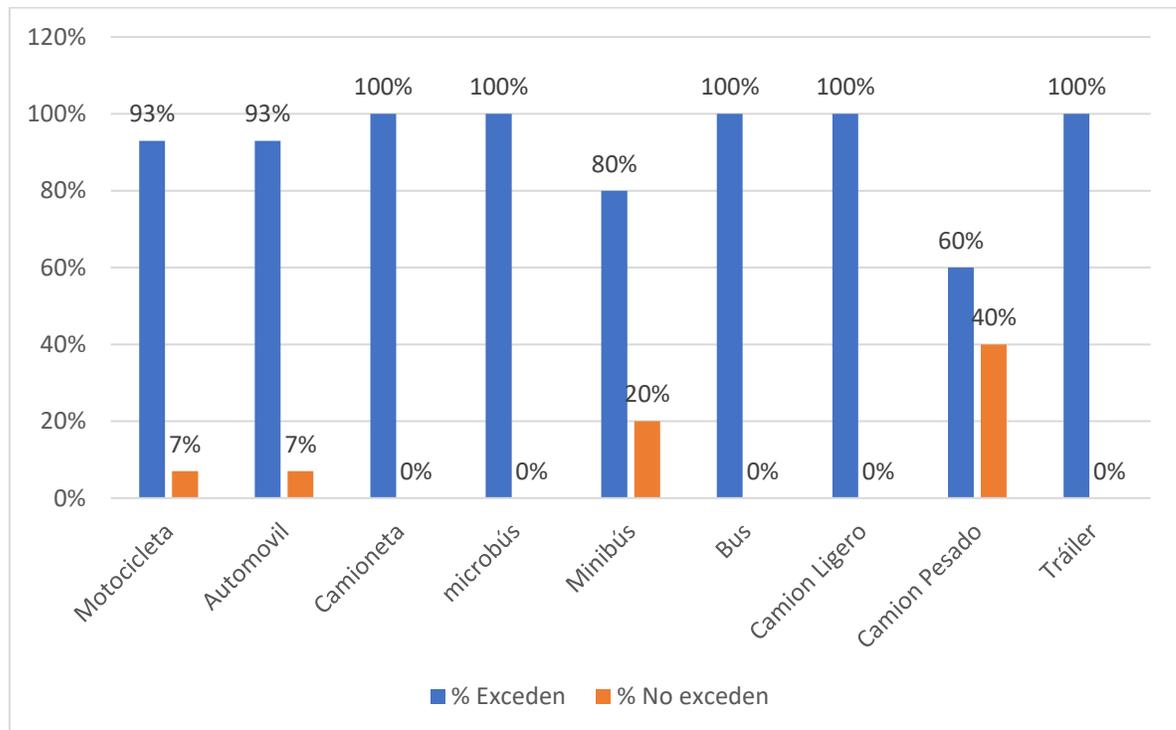
Estudio de velocidad de la estación 25+490.

Sentido PETRONIC-Masaya, estación 25+490 Centrolac						
Tipo	Exceden	No exceden	ΣTipo	% Exceden	% No exceden	
Motocicleta	14	1	15	93%	7%	
Automóvil	14	1	15	93%	7%	
Camioneta	10	0	10	100%	0%	
Microbús	5	0	5	100%	0%	
Minibús	4	1	5	80%	20%	
Bus	5	0	5	100%	0%	
Camión Ligero	5	0	5	100%	0%	
Camión Pesado	3	2	5	60%	40%	
Tráiler	5	0	5	100%	0%	
Total	65	5	70	93%	7%	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 20

Consolidado del estudio de velocidad por tipo de vehículo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51

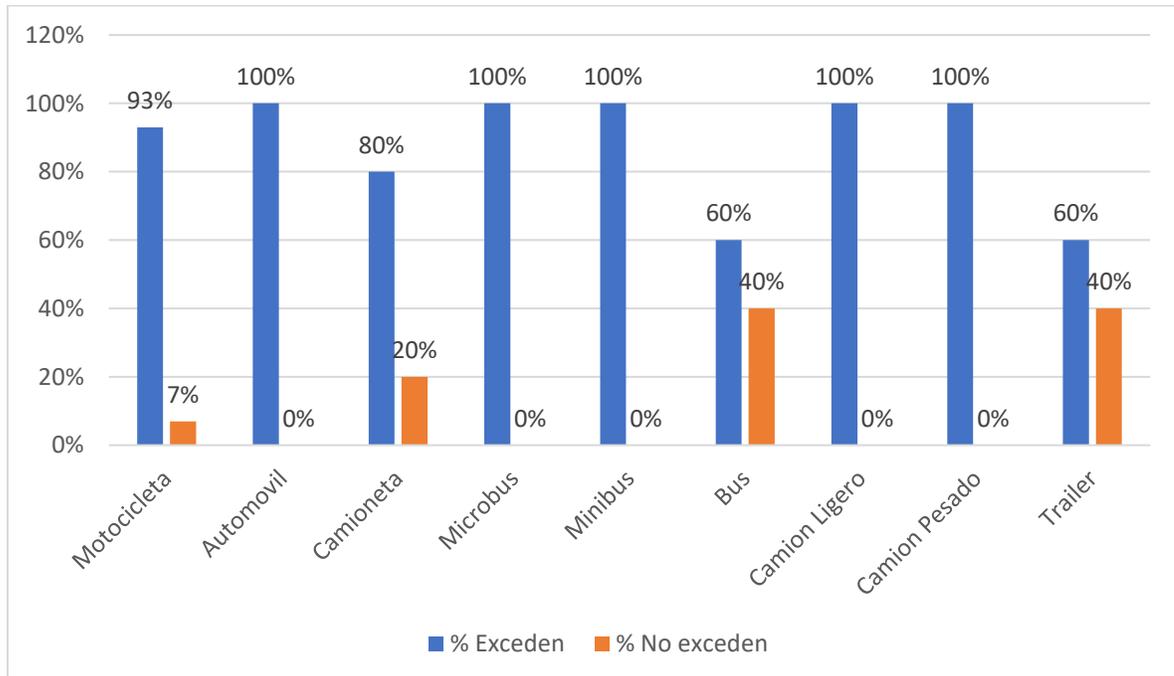
Estudio de velocidad de la estación 25+490

Sentido Masaya-PETRONIC estación 25+490 Centrolac						
Tipo	Exceden	No exceden	ΣTipo	% Exceden	% No exceden	
Motocicleta	14	1	15	93%	7%	
Automóvil	15	0	15	100%	0%	
Camioneta	8	2	10	80%	20%	
Microbús	5	0	5	100%	0%	
Minibús	5	0	5	100%	0%	
Bus	3	2	5	60%	40%	
Camión Ligero	5	0	5	100%	0%	
Camión Pesado	5	0	5	100%	0%	
Tráiler	3	2	5	60%	40%	
Total	63	7	70	90%	10%	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 21

Consolidado del estudio de velocidad por tipo de vehículo



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Estudio de tráfico

3.4.1 Introducción

Un estudio de tránsito tiene como finalidad analizar la movilidad en una zona determinada, contemplando de manera coordinada los diferentes elementos que la componen y simulando la interacción de los nuevos proyectos viales con la red proyectada o existente, realizando un diagnóstico que proporcione soluciones ajustadas a cada proyecto con el fin de obtener una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente.

Así, un estudio de tránsito no sólo se realiza en la nueva construcción o ampliación de vías interurbanas tales como autopistas, autovías o carreteras convencionales, sino que cobran vital importancia cuando se desea construir o ampliar promociones inmobiliarias en ámbitos urbanos tales como centros comerciales, complejos de oficinas, plantas industriales, escuelas, hospitales u otras instalaciones.

Los principales impactos que analiza un estudio de tránsito son la congestión y la accidentalidad relacionada, por lo que los elementos que normalmente componen un estudio de tránsito son:

- Los lugares de estudio, sobre todo las intersecciones.
- El tránsito existente, incluyendo peatones y bicicletas, y cobrando vital importancia los aforos existentes, así como los necesarios a realizar para tener datos suficientes para un buen análisis.
- Días de la semana (laboral, fin de semana), mes del año, años futuros (horizontes temporales a estudiar).
- El crecimiento esperado del tráfico.
- Y la accidentalidad histórica entre otros.
- Obteniendo como resultados principales:
 - El tráfico previsto.
 - La congestión existente, por lo general en términos de nivel de servicio, así como las longitudes de cola (número de vehículos detenidos por carril).

- Alternativas para hacer frente a los problemas de congestión y accidentes, tales como: Carriles adicionales, señalización complementaria y nuevas infraestructuras complementarias como rotonda, aceras, carriles bici, etc. (Moreno, 2016)

3.4.2 Aforo vehicular.

En el trabajo de campo se realizarán aforos vehiculares que tendrán una duración de martes a jueves durante 12 horas seguidas (de 6am a 6pm) según lo recomienda el (MTI, 2020, pág. 12).

El aforo consiste en un registro manual en formatos de campo, la clasificación vehicular debe constar de motocicletas, automóviles, buses y camiones. Esta etapa tiene los siguientes objetivos:

1. Determinar el patrón de flujo vehicular.
2. Analizar el nivel de servicio.
3. Analizar los volúmenes de tránsito.
4. Evaluar las condiciones de seguridad vial de acuerdo a la demanda vehicular.

3.4.2.1 Obtención de los volúmenes de tránsito.

La obtención de los volúmenes de tránsito se llevó a cabo con las instrucciones, recomendaciones y apoyo de la Tutora Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero y la ayuda de familiares y otros estudiantes activos de la universidad, el conteo vehicular se realizó en 2 estaciones, donde, cada estación estaba compuesta por un contador por carril llegando a obtener 4 flujos en total.

Los conteos se realizaron tomando una decisión de realizarlos los 3 días intermedios de la semana laboral, un día martes, miércoles y jueves, clasificándola como estaciones de conteos de corta duración. Los conteos se llevaron a cabo en la última semana del mes de diciembre del 2023 y la primera semana del mes de enero de 2024.

Gráfico 22

Ubicación de los puntos de aforo.



Fuente: Elaboración propia empleando Google Earth

Los puntos de aforo tienen la finalidad de poder cuantificar el flujo vehicular que circula por el punto crítico de máxima accidentalidad donde ha habido personas fallecidas los últimos cinco años debido a la disposición geométrica de la intercepción.

3.4.2.2 Volúmenes y clasificación.

El aforo vehicular consiste en el conteo de todos los vehículos que circulan por una sección del tramo para ello el formato utilizado para el aforo se debe realizar segregando los tipos de vehículos debido a que cada uno cuenta con distintas características por lo cual se realizó con 3 clasificaciones principales: vehículos de pasajeros, vehículos de carga y equipos pesados, las cuales cuentan con su propia subclasificación, esto con el fin de tipificar los tipos de vehículos que recorren el tramo. A continuación, se muestra el esquema utilizado:

Gráfico 23

Clasificación por tipo de vehículos



Fuente: Elaboración propia con datos del anuario de tráfico del MTI 2020.

El aforo vehicular se realizó durante 12 horas consecutivas, de 6:00 am a 6:00 pm, la tipología de vehículos se reunió en tres: vehículos livianos, buses y camiones. Los conteos se realizaron durante tres días en cada punto de aforo, tomando en cuenta para el estudio sólo el día más crítico en cada punto, como detalla en la Tabla 52 donde se apreciará el resultado del conteo de ambos sentidos por estación.

Tabla 52

Aforo vehicular por día

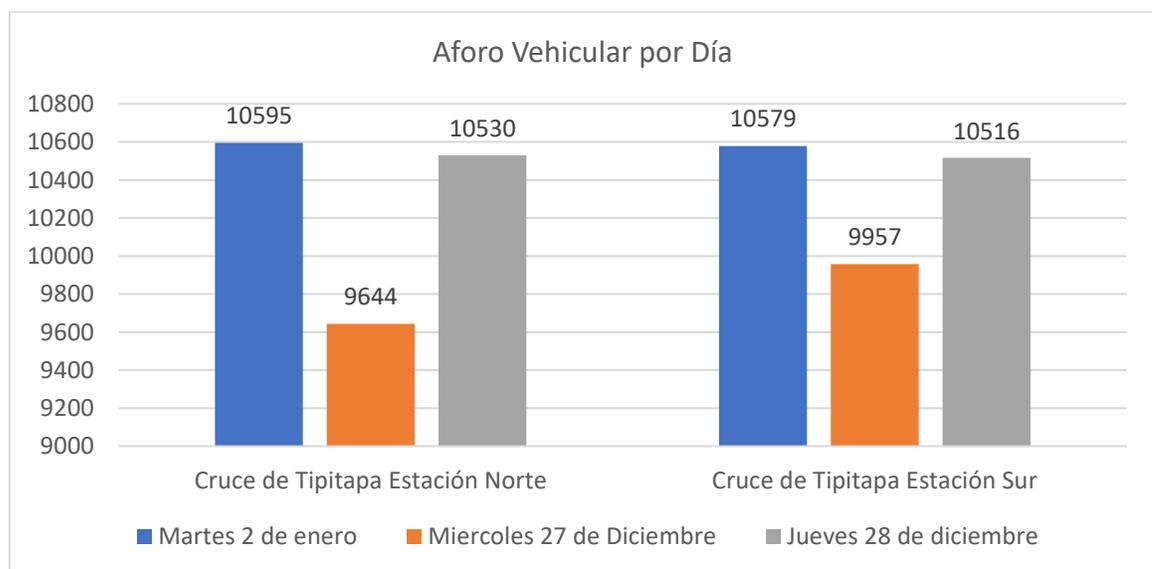
AFORO VEHICULAR POR DIA			
Estaciones de conteo	Martes 2 de enero	Miércoles 27 de diciembre	Jueves 28 de diciembre
Cruce de Tipitapa Estación Norte	10595	9644	10530
Cruce de Tipitapa Estación Sur	10579	9957	10516

Fuente: Elaboración propia.

En Tabla 52 se muestra a manera de resumen las cantidades totales de vehículos que pasaron y su día crítico por cada punto de control, se puede observar también que la estación con mayor volumen de tránsito es la estación Norte del del cruce de Tipitapa debido al flujo principal que accede desde la Carretera Panamericana Norte como punto de acceso a Tipitapa y como trayecto hacia Masaya.

Gráfico 24

Aforo vehicular por día en cada estación de conteo.



Fuente: Elaboración propia.

Podemos apreciar en el Gráfico 24 claramente el día crítico en cada punto donde se realizó el conteo vehicular, obteniendo así que el día crítico para ambas estaciones es el día martes con 10,595 vehículos para la estación norte y 10,579 vehículos para la estación sur.

3.4.2.3 Trafico promedio diario TPDA

Según (Cal y Mayor Reyez Espindola & y Cardenas Grisales, 2018) el Trafico Promedio Diario TPD se define como el cómo el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. De manera general se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ dia} < t \leq 1 \text{ año}} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

- N : representa el número de vehículos que pasan durante t días.

En el estudio se realizó una Estación de Corta Duración el cual está constituido por conteos clasificados por 12 horas continuas (6:00 a.m. – 6:00 p.m.) por tres días consecutivos (martes, miércoles y jueves) (MTI, 2020) Pag 11.

Para poder expandir las 12 horas de conteo diurno vehicular a tráfico diurno de 24 horas se obtiene mediante los resultados correspondientes de las estaciones de mayor cobertura de 24 horas siendo la fórmula para calcular:

$$TPD = TD_{12Horas} * \text{Factor Dia} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

- TD : Trafico diario de 24 horas
- $TD_{12Horas}$: Conteo sumario de 12 horas.

➤ Factores de Ajustes

El factor día se obtiene mediante la dependencia de estación. La dependencia es identificar para una estación de conteo de Corta Duración o Conteo Sumaria cuál es la estación de mayor cobertura correspondiente, partiendo del perfil de variación en el flujo vehicular que presente mayor grado de similitud posible.

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. Partiendo de la dependencia de las estaciones de Corta Duración o Conteo Sumaria. Con esta nueva metodología el sistema de conteo de tráfico, cuenta con factores diferentes para cada cuatrimestre del año, los que son utilizados de conformidad al período de levantamiento de la estación respectiva. (MTI, 2020) Pag 9.

Para nuestro estudio se empleó la estación de mayor cobertura NIC-1 101B: Zona franca-La garita en el tercer cuatrimestre en el cual se reflejan los factores para los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 53

Factores de expansión para el TPD, TPDS y TPDA para el tercer cuatrimestre.

Factor expansión a TPDA	Factor fin de semana	Factor Semana	Factor Dia	Descripción
0.90	1.15	0.95	1.25	Moto
0.86	1.06	0.98	1.28	Carro
0.81	1.07	0.98	1.23	Jeep
0.87	1.21	0.93	1.24	Camioneta
0.91	1.49	0.88	1.32	Microbús
0.90	1.33	0.81	1.37	Minibús
0.91	1.19	0.94	1.18	Bus
0.96	1.47	0.89	1.28	Liv.2-5t.
0.96	1.64	0.87	1.49	C2
0.97	1.65	0.86	1.30	C3
16.48	1.71	0.86	1.00	Tx-Sx<=4
0.97	1.46	0.89	1.60	Tx-Sx=>5
1.00	1.60	0.87	1.66	Cx-Rx=<4
1.00	1.00	1.00	1.00	Cx-Rx=>5
0.67	2.43	0.81	1.00	V.A.
1.50	1.00	1.00	1.00	V.C.
0.86	1.54	0.88	1.20	Otros

Fuente: Anuario de aforos de tráfico año 2020, pagina 314.

➤ Trafico promedio diario

La expansión de los valores del conteo diurno de 12 horas a conteo de 24 horas se realizará utilizando la Ecuación 14 en el cual los valores totales diarios de cada tipo de vehículos se multiplicarán por el factor día correspondiente a ese tipo de vehículo y ese procedimiento se repetirá en cada estación y cada día.

$$TPD = TD_{12Horas} * Factor Dia$$

En la estación norte:

$$TPD_{Motocicletas} = 2765 * 1.25 = 3456 \text{ Motocicletas/día}$$

Este procedimiento se aplicará para todos los datos mostrándose los resultados en la Tabla 54 y la Tabla 55.

Tabla 54

Resumen del cálculo de expansión de conteo diurno de 12 horas a Trafico Promedio Diario para la estación del aforo norte.

ESTACION NORTE																		
	VEHICULOS LIVIANOS					VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA							OTROS		TOTAL
	BICICLETAS/ CAPONERAS	MOTOTAXI	MOTOCICLETA	AUTOS	CAMIONETAS	MICROBUS	MINIBUS	BUS	CAMION LIGERO	C2-4T	C3	<=4EJES	>=5EJES	<=4EJES	>=5EJES	AGRICOLA	CONSTRUCCION	
Martes	849	10	2765	3192	1975	259	111	208	460	261	259	142	60	8	30	5	1	10595
Miércoles	674	19	2473	3029	1872	195	105	171	382	282	248	107	79	2	1	3	2	9644
Jueves	868	9	2924	3173	1848	253	73	178	486	245	260	141	37	1	30	4	0	10530
Factor Dia	1.00	1.00	1.25	1.28	1.24	1.32	1.37	1.18	1.28	1.49	1.30	1.00	1.60	1.66	1.00	1.00	1.00	
Martes	849	10	3456	4086	2449	342	152	245	589	389	337	142	96	13	30	5	1	13191
Miércoles	674	19	3091	3877	2321	257	144	202	489	420	322	107	126	3	1	3	2	12060
Jueves	868	9	3655	4061	2292	334	100	210	622	365	338	141	59	2	30	4	0	13090

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55

Resumen del cálculo de expansión de conteo diurno de 12 horas a Trafico Promedio Diario para la estación del aforo sur.

ESTACION SUR																		
	VEHICULOS LIVIANOS					VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA							OTROS		TOTAL
	BICICLETAS/ CAPONERAS	MOTOTAXI	MOTOCICLETA S	AUTOS	CAMIONETAS	MICROBUS	MINIBUS	BUS	CAMION LIGERO	C2-4T	C3	<=4EJES	>=5EJES	<=4EJES	>=5EJES	AGRICOLA	CONSTRUCCION	
Martes	826	22	2881	3491	1563	264	107	443	342	91	351	69	121	4	1	2	1	10579
Miércoles	797	26	2751	3427	1385	274	101	423	215	75	318	68	74	13	8	2	0	9957
Jueves	850	33	2802	3578	1545	230	83	453	361	74	333	77	88	4	1	2	2	10516
Factor Dia	1	1	1.25	1.28	1.24	1.32	1.37	1.18	1.28	1.49	1.3	1	1.6	1.66	1	1	1	
Martes	826	22	3601	4468	1938	348	147	523	438	136	456	69	194	7	1	2	1	13177
Miércoles	797	26	3439	4387	1717	362	138	499	275	112	413	68	118	22	8	2	0	12383
Jueves	850	33	3503	4580	1916	304	114	535	462	110	433	77	141	7	1	2	2	13068

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado las expansiones por tipo de vehículos a partir de un conteo de 12 horas a 24 horas y de determinar el total de cada día se procede a realizar la sumatoria de las cantidades de cada estación en los días de aforo:

$$N_{Norte} = 13191 \text{ veh}/\text{dia} + 12060 \text{ veh}/\text{dia} + 13090 \text{ veh}/\text{dia} = 38341 \text{ veh}/\text{dia}$$

$$N_{Sur} = 13177 \text{ veh}/\text{dia} + 12383 \text{ veh}/\text{dia} + 13068 \text{ veh}/\text{dia} = 38627 \text{ veh}/\text{dia}$$

Ahora se procede a emplear la Ecuación 13 para determinar el TPD:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ dia} < t \leq 1 \text{ año}}$$

$$TPD_{Norte} = \frac{38341 \text{ veh}}{3 \text{ dias}} = 12780 \text{ veh}/\text{dia}$$

$$TPD_{Sur} = \frac{38627 \text{ veh}}{3 \text{ dias}} = 12876 \text{ veh}/\text{dia}$$

➤ Tráfico Promedio Diario Semanal.

La expansión de los valores del Trafico Promedio Diario TPD a Trafico Promedio Diario Semanal TPDS se realizará utilizando la Ecuación 14 en el cual los valores de TPD de cada tipo de vehículos se multiplicarán por el factor Semana correspondiente a ese tipo de vehículo y ese procedimiento se repetirá en cada estación y cada día.

$$TPDS = TPD * Factor\ Semana$$

Ecuación 15

Donde:

- *TPDS*: Trafico promedio diario semanal
- *TPD*: Trafico promedio diario.

En la estación norte:

$$TPDS_{Motocicletas} = 3456 * 0.95 = 3283 \text{ Motocicletas/dia}$$

Este procedimiento se aplicará para todos los datos mostrándose los resultados en la Tabla 56 y la Tabla 57 para la estación Norte y la estación sur respectivamente.

Tabla 56

Resumen del cálculo de expansión de conteo diario de martes a jueves a Trafico Promedio Diario Semanal.

ESTACION NORTE																		
	VEHICULOS LIVIANOS					VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA							OTROS		TOTAL
	BICICLETAS/ CAPONERAS	MOTOTAXI	MOTOCICLETA	AUTOS	CAMIONETAS	MICROBUS	MINIBUS	BUS	CAMION LIGERO	C2-4T	C3	<=4EJES	>=5EJES	<=4EJES	>=5EJES	AGRICOLA	CONSTRUCCION	
Martes	849	10	3456	4086	2449	342	152	245	589	389	337	142	96	13	30	5	1	13191
Miércoles	674	19	3091	3877	2321	257	144	202	489	420	322	107	126	3	1	3	2	12060
Jueves	868	9	3655	4061	2292	334	100	210	622	365	338	141	59	2	30	4	0	13090
Factor Semana	1.00	1.00	0.95	0.98	0.93	0.88	0.81	0.94	0.89	0.87	0.86	0.86	0.89	0.87	1.00	0.81	1.00	
Martes	849	10	3283	4004	2278	301	123	231	524	338	290	122	85	12	30	4	1	12485
Miércoles	674	19	2937	3800	2159	227	117	190	435	366	277	92	112	3	1	2	2	11412
Jueves	868	9	3472	3980	2131	294	81	197	554	318	291	121	53	1	30	3	0	12403

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57

Resumen del cálculo de expansión de conteo diario de martes a jueves a Trafico Promedio Diario Semanal.

ESTACION SUR																		
	VEHICULOS LIVIANOS					VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA							OTROS		TOTAL
	BICICLETAS/ CAPONERAS	MOTOTAXI	MOTOCICLETAS	AUTOS	CAMIONETAS	MICROBUS	MINIBUS	BUS	CAMION LIGERO	C2-4T	C3	<=4EJES	>=5EJES	<=4EJES	>=5EJES	AGRICOLA	CONSTRUCCION	
Martes	826	22	3601	4468	1938	348	147	523	438	136	456	69	194	7	1	2	1	13176.6
Miércoles	797	26	3439	4387	1717	362	138	499	275	112	413	68	118	22	8	2	0	12383.2
Jueves	850	33	3503	4580	1916	304	114	535	462	110	433	77	141	7	1	2	2	13067.7
Factor Semana	1.00	1.00	0.95	0.98	0.93	0.88	0.81	0.94	0.89	0.87	0.86	0.86	0.89	0.87	1.00	0.81	1.00	
Martes	826	22	3421	4379	1802	307	119	491	390	118	392	59	172	6	1	2	1	12509
Miércoles	797	26	3267	4299	1597	318	112	469	245	97	356	58	105	19	8	2	0	11775
Jueves	850	33	3327	4488	1782	267	92	502	411	96	372	66	125	6	1	2	2	12423

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado las expansiones por tipo de vehículos a partir del Trafico Promedio Diario Semanal y de determinar el total de cada día se procede a realizar la sumatoria de las cantidades de cada estación en los días de aforo:

$$N_{Norte} = 12485 \text{ veh}/\text{dia} + 11412 \text{ veh}/\text{dia} + 12403 \text{ veh}/\text{dia} = 36300 \text{ veh}/\text{dia}$$

$$N_{Sur} = 12509 \text{ veh}/\text{dia} + 11775 \text{ veh}/\text{dia} + 12423 \text{ veh}/\text{dia} = 36707 \text{ veh}/\text{dia}$$

Ahora se procede a emplear la Ecuación 13 para determinar el TPDS:

$$TPDS = \frac{N}{1 \text{ dia} < t \leq 1 \text{ año}}$$

$$TPDS_{Norte} = \frac{36300 \text{ veh}}{3 \text{ dias}} = 12100 \text{ veh}/\text{dia}$$

$$TPDS_{Sur} = \frac{36707 \text{ veh}}{3 \text{ dias}} = 12236 \text{ veh}/\text{dia}$$

➤ Trafico Promedio Diario Anual.

La expansión de los valores del Trafico Promedio Diario TPDS a Trafico Promedio Diario Anual TPDA se realizará utilizando la Ecuación 16 en el cual los valores de TPDS de cada tipo de vehículos se multiplicarán por el factor de expansión correspondiente a ese tipo de vehículo y ese procedimiento se repetirá en cada estación y cada día.

$$TPDA = TPDS * \text{Factor de expansion}$$

Ecuación 16

Donde:

- *TPDA*: Trafico promedio diario anual.
- *TPDS*: Trafico promedio diario semanal.

En la estación norte:

$$TPDA_{Motocicletas} = 3283 * 0.90 = 3079 \text{ Motocicletas/dia}$$

Este procedimiento se aplicará para todos los datos mostrándose los resultados en la Tabla 58 y la Tabla 59 para la estación Norte y la estación sur respectivamente.

Tabla 58

Resumen del cálculo de expansión de TPDS a TPDA para la estación norte.

	ESTACION NORTE																		TOTAL
	VEHICULOS LIVIANOS					VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA							OTROS			
	BICICLETAS/ CAPONERAS	MOTOTAXI	MOTOCICLE TA	AUTOS	CAMIONETA S	MICROBUS	MINIBUS	BUS	CAMION LIGERO	C2-4T	C3	<=4EJES	>=5EJES	<=4EJES	>=5EJES	AGRICOLA	CONSTRUCC ION		
Martes	849	10	3283	4004	2278	301	123	231	524	338	290	122	85	12	30	4	1	10041	
Miércoles	674	19	2937	3800	2159	227	117	190	435	366	277	92	112	3	1	2	2	9137	
Jueves	868	9	3472	3980	2131	294	81	197	554	318	291	121	53	1	30	3	0	9990	
Factor Expansion	1.00	1.00	0.90	0.86	0.87	0.91	0.90	0.91	0.96	0.96	0.97	16.48	0.97	1.00	1.00	0.67	1.50		
Martes	849	10	2955	3443	1981	274	111	210	503	325	281	2013	83	12	30	3	2	13084	
Miércoles	674	19	2643	3268	1878	206	105	173	418	351	269	1516	109	3	1	2	3	11637	
Jueves	868	9	3125	3423	1854	267	73	180	532	305	282	1998	51	1	30	2	0	13001	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59

Resumen del cálculo de expansión de TPDS a TPDA para la estación sur.

	ESTACION SUR																		TOTAL
	VEHICULOS LIVIANOS					VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA							OTROS			
	BICICLETAS/ CAPONERAS	MOTOTAXI	MOTOCICLE TAS	AUTOS	CAMIONETA S	MICROBUS	MINIBUS	BUS	CAMION LIGERO	C2-4T	C3	<=4EJES	>=5EJES	<=4EJES	>=5EJES	AGRICOLA	CONSTRUCC ION		
Martes	826	22	3421	4379	1802	307	119	491	390	118	392	59	172	6	1	2	1	12509	
Miércoles	797	26	3267	4299	1597	318	112	469	245	97	356	58	105	19	8	2	0	11775	
Jueves	850	33	3327	4488	1782	267	92	502	411	96	372	66	125	6	1	2	2	12423	
Factor Expansion	1.00	1.00	0.90	0.86	0.87	0.91	0.90	0.91	0.96	0.96	0.97	16.48	0.97	1.00	1.00	0.67	1.50		
Martes	826	22	3079	3766	1568	279	107	447	374	113	381	978	167	6	1	1	2	12117	
Miércoles	797	26	2940	3697	1390	290	101	427	235	93	345	964	102	19	8	1	0	11434	
Jueves	850	33	2995	3860	1550	243	83	457	395	92	361	1091	122	6	1	1	3	12143	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado las expansiones por tipo de vehículos a partir del Trafico Promedio Diario Anual TPDA y de determinar el total de cada día se procede a realizar la sumatoria de las cantidades de cada estación en los días de aforo:

$$N_{Norte} = 13084 \text{ veh/día} + 11637 \text{ veh/día} + 13001 \text{ veh/día} = 37721 \text{ veh/día}$$

$$N_{Sur} = 12117 \text{ veh/día} + 11434 \text{ veh/día} + 12143 \text{ veh/día} = 35694 \text{ veh/día}$$

Ahora se procede a emplear la Ecuación 13 para determinar el TPDS:

$$TPDA = \frac{N}{1 \text{ día} < t \leq 1 \text{ año}}$$

$$TPDA_{Norte} = \frac{37721 \text{ veh}}{3 \text{ días}} = 12574 \text{ veh/día}$$

$$TPDA_{Sur} = \frac{35694 \text{ veh}}{3 \text{ días}} = 11898 \text{ veh/día}$$

3.4.2.4 Distribución direccional por sentido

La distribución direccional por sentido expresa la relación entre todos los diversos tipos los vehículos que circulan en una dirección específica del tráfico en relación a los que circulan en sentido opuesto. Normalmente, corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones. Sin embargo, en algunos casos, puede ser mayor en una dirección que en otra, según los conteos de tráfico realizados.

El tramo de estudio tiene una longitud de 5.00 km, un pequeño tramo parte de la red vial centroamericana, transitando vehículos provenientes de las ciudades del norte, que viajan hacia Masaya o Granada, y zonas rurales como Tisma, Zambrano, dentro de las características del tramo no existen características particulares que restrinjan el flujo vehicular en algún sentido.

Tabla 60

Distribución direccional estación norte

DISTRIBUCION DIRECCIONAL ESTACIÓN NORTE					
Día	Sentido Tipitapa- Masaya	Sentido Masaya- Tipitapa	Total	Distribución Direccional	Distribución Asumida
Martes	6337	4258	10595	60/40	60/40
Miércoles	5580	4064	9644	58/42	60/40
Jueves	6094	4436	10530	58/42	60/40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61

Distribución direccional estación sur.

DISTRIBUCION DIRECCIONAL ESTACIÓN SUR					
Día	Sentido Tipitapa- Masaya	Sentido Masaya- Tipitapa	Total	Distribución Direccional	Distribución Asumida
Martes	5213	5366	10579	49/51	50/50
Miércoles	4757	5200	9957	48/52	50/50
Jueves	5169	5347	10516	49/51	50/50

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 60 y Tabla 61 se muestran los valores del tráfico por sentido y su distribución direccional de las estaciones dato muy importante en el estudio del nivel de servicio las cuales se irán desarrollando los cálculos y explicando a lo largo del capítulo.

3.4.2.5 Horas máxima demanda y factor hora de máxima demanda

Para poder realizar el estudio, un parámetro fundamental de la metodología es el Factor Horario de Máxima Demanda *FHMD* el cual es una relación adimensional entre el volumen de la hora de máxima demanda y cuatro veces el máximo volumen de vehículos entre las cuatro fracciones de la hora de máxima demanda, es determinado con la siguiente fórmula:

$$FHMD = \frac{VPH}{4 * V_{15}} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

- *FHMD*: Factor horario de máxima demanda
- *VPH*: Volumen horario de máxima demanda
- V_{15} : volumen de 15 minutos de mayor demanda en la hora de máxima demanda

Tabla 62

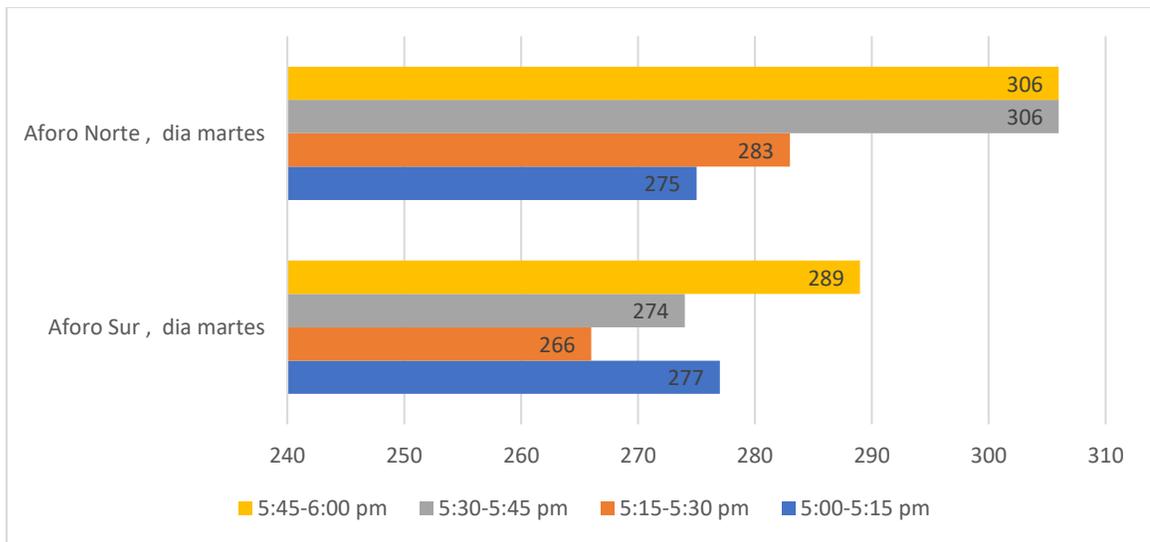
Número de vehículos en horas de máxima demanda.

V15 DE CADA ESTACIÓN EN SU DIA Y HORA DE MAXIMA DEMANDA		
Estaciones de conteo y día critico	Hora	Cantidad de vehículos
Aforo Norte, día martes	5:00-5:15 pm	275
	5:15-5:30 pm	283
	5:30-5:45 pm	306
	5:45-6:00 pm	306
Aforo Sur, día martes	5:00-5:15 pm	277
	5:15-5:30 pm	266
	5:30-5:45 pm	274
	5:45-6:00 pm	289

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 25

Volúmenes vehiculares por cada 15 minutos V_{15} por cada estación.



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 62 y Gráfico 25 muestra los volúmenes vehiculares por cada 15 minutos en cada estación de aforo en su día crítico el cual refleja que en la estación norte su V_{15} es martes de 5:45-6:00 pm con un volumen de 306 vehículos en 15 minutos y estación sur su V_{15} es el día martes de 5:45-6:00 pm con un volumen de 289 vehículos en 15 minutos.

A continuación, se procede a resumir información relevante de la Tabla 62 tal como el volumen horario de máxima demanda VMD y el máximo volumen por cada 15 minutos de la hora de máxima demanda V_{15} para posteriormente realizar el cálculo del factor horario de máxima demanda $FHMD$.

Tabla 63

Tabla resumen de V_{15} en la estación norte

HORAS DE MAXIMA DEMANDA (DIA MARTES)	
AFORO NORTE	
5:00 pm - 6:00 pm	1170
V_{15}	
5:45 pm- 6:00 pm	306

Fuente: Elaboración propia.

$$FHMD = \frac{VPH}{4 * V_{15}} = \frac{1170 \text{ veh}}{4 * 306 \text{ veh}} = 0.96$$

Tabla 64

Tabla resumen de V15 y cálculo del factor horario de máxima demanda en la estación norte

VMD	V15	FHMD
1170	306	0.96

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del FHMD para la estación sur empleando la Ecuación 11.

Tabla 65

Tabla resumen de V15 en la estación sur

HORAS DE MAXIMA DEMANDA (DIA MARTES) AFORO SUR	
5:00 pm - 6:00 pm	1109
	V15
5:45 pm- 6:00 pm	289

Fuente: Elaboración propia.

$$FHMD = \frac{VPH}{4 * V_{15}} = \frac{1109 \text{ veh}}{4 * 289 \text{ veh}} = 0.96$$

Tabla 66

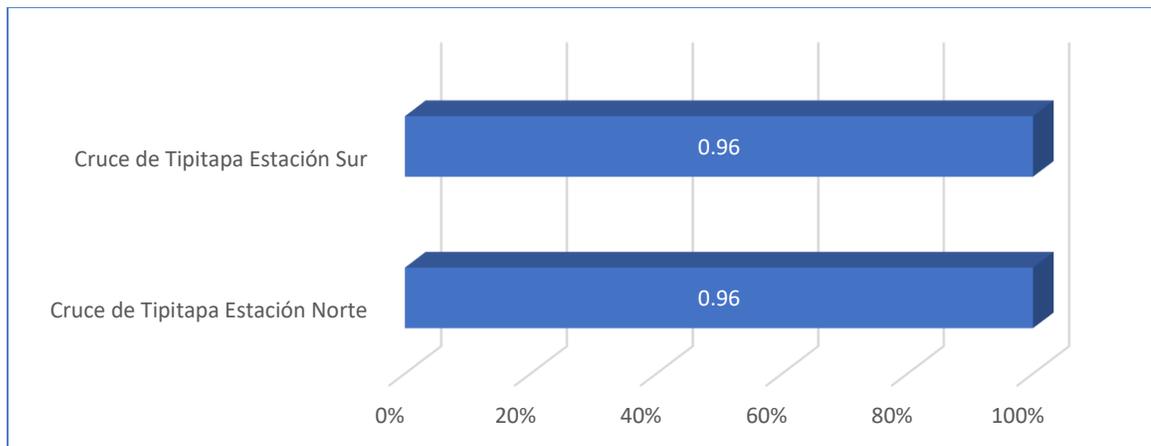
Tabla resumen de V15 y cálculo del factor horario de máxima demanda en la estación sur

VMD	V15	FHMD
1109	295	0.96

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 26

Comparación entre factores horarios de máxima demanda de ambas estaciones



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el Gráfico 26 el punto de control de mayor FHMD es la estación norte, esto significa que contiene menor fluctuación o variación en el flujo vehicular, mientras el FHMD de un valor más retirado al 1 significa que habrá más fluctuación en el comportamiento del flujo vehicular de los períodos cortos de 15 minutos de la Hora de Máxima Demanda.

Tabla 67

Resumen de hora de máxima demanda por estación de conteo.

Estación de conteo	Total, en día crítico	en día	Hora de máxima demanda (Veh/hora)	V15 de máxima demanda (Veh/15 minutos)	Factor de máxima demanda	
Cruce de Tipitapa Estación Norte	Martes	10595	5:00-6:00 pm	1170	5:00-5:15 pm 30 6	0.96
Cruce de Tipitapa Estación Sur	Martes	10579	5:00-6:00 pm	1106	5:45-6:00 pm 28 9	0.96

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Estudio de niveles de servicio

3.4.3.1 Datos de Entrada

Para el cálculo de niveles de servicio, según el Highway Capacity Manual 2010 se enumera la información que debe estar disponible antes de que un tramo de carretera de dos pueda ser analizado en el cual el primer paso es determinar las características físicas y el comportamiento vehicular del tramo en estudio, éstos se obtienen a partir del inventario vial y el aforo vehicular. Los datos necesarios para el cálculo se muestran en la Tabla 68 y Tabla 69:

Tabla 68

Datos de entrada de la estación norte.

DATOS PARA CALCULAR NIVEL DE SERVICIO ESTACIÓN NORTE			
Terreno	Plano	División direccional	60/40
Velocidad de la carretera (mi/h)	28	Porcentaje de vehículos pesados	11.57%
Ancho de carriles(pie)	14.6	Factor Hora de Máxima Demanda (FHMD)	0.96
Ancho de hombros(pie)	2.8	Volumen Horario de Máxima Demanda	1170
Restricción de rebase	100%	RVS %	0%
Límite de Velocidad base(mi/h)	38		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69

Datos de entrada de la estación sur.

DATOS PARA CALCULAR NIVEL DE SERVICIO ESTACIÓN SUR			
Terreno	Plano	División direccional	50/50
Velocidad de la carretera (mi/h)	28	Porcentaje de vehículos pesados	9.25%
Ancho de carriles(pie)	12.9	Factor Hora de Máxima Demanda (FHMD)	0.96
Ancho de hombros(pie)	2.6	Volumen Horario de Máxima Demanda	1106
Restricción de rebase	100%	RVS %	0%
Límite de Velocidad base(mi/h)	38		

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.2 Determinación de la velocidad a flujo libre (FFS).

Un paso clave en el análisis de carreteras de dos carriles es la determinación de la velocidad a flujo libre (FFS) por tramo. Para ello, primeramente, se debe calcular la velocidad de flujo libre básica empleando la Ecuación 19, empleando los datos geométricos de la sección de la vía, se interpola para obtener el factor de ajuste por ancho de hombros y posteriormente calcular el factor de puntos de acceso por milla para finalmente usar la Ecuación 18 que se muestra a continuación:

$$FFS = BFFS - FLS - FA$$

Ecuación 18

- FFS: Velocidad de flujo libre.
- BFFS: Velocidad de flujo libre básica.
- FLS: Factor de ajuste por ancho de hombros.
- FA: Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso.

$$BFFS = V_l + C_b$$

Ecuación 19

Donde:

- C_b : Condición base (10 *mi/h*).
- V_l : Velocidad límite

$$BFFS = V_l + C_b = 28 \text{ mi/hr} + 10 \text{ mi/hr} = 38 \text{ mi/hr}$$

En la Tabla 68 y Tabla 69 se extrajeron las características geométricas que alteran la velocidad de los automotores en la sección del tramo en la estación norte y la estación sur para así poder obtener el *FSL* de ambas estaciones mediante la Tabla 70 y así saber que variación tiene la velocidad del flujo vehicular por cuestión de la vía.

Para obtener el *FSL*, se procedió a interpolar los valores del ancho de carril y ancho de hombro 14.6 y 2.8 pies para la estación norte y 12.9 y 2.6 pies para la estación sur con el cual se procede:

Tabla 70

Factor ajuste para el ancho de carril.

FACTOR AJUSTE PARA EL ANCHO DE CARRIL (FSL)				
Ancho carril (Pies)	Ancho de hombros (pie)			
	≥0>2	≥2>4	≥4>6	≥6
≥9>10	6.4	4.8	3.5	2.2
≥10>11	5.3	3.7	2.4	1.1
≥11>12	4.7	3	1.7	0.4
≥12	4.2	2.6	1.3	0

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 Pag. 15-15.

En la Tabla 70 extrapolando los datos se obtiene que para los carriles que tienen 12 pies o más y su hombro tiene entre 2 y 4 pies la pérdida de la magnitud de la velocidad de flujo libre es 2.6 mi/h.

$$FSL = 2.6 \text{ mi/hr}$$

El Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso F_a , es la medida cuantitativa en el cual busca como considerar la reducción de la velocidad del flujo vehicular debido a que, cuando los conductores de los automotores se encuentran próximos a una intercepción, reducen la velocidad con la finalidad de prever cualquier circunstancia en el cruce. Para ello se debe contabilizar el número de intercepciones y cruces no semaforizados en la longitud del tramo en estudio y dividirla entre la longitud del tramo en millas, tal como se muestra a continuación:

$$P_{a/m} = \frac{P_a}{0.621 l} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

- $P_{a/m}$: Puntos de acceso por milla.
- P_a : Cantidad de puntos de acceso en el tramo en estudio.
- l : Longitud del tramo es estudio en sistema internacional.

El número total de intersecciones no semaforizadas y calzadas de entrada en ambos lados del tramo de carretera en estudio de 5km de longitud es de 48 puntos de acceso, entonces se procede a la sustitución de los valores en la Ecuación 20.

$$P_{a/m} = \frac{P_a}{0.621 l} = \frac{50 \text{ Puntos de acceso}}{0.621 \text{ millas/km} * 5 \text{ km}} = 15.45 \text{ Puntos de acceso/milla}$$

En la Tabla 71 se muestra la reducción en velocidad de flujo libre (mi/h) en función a la cantidad de puntos de acceso por milla.

Tabla 71

Puntos de acceso por milla (dos direcciones).

PUNTOS DE ACCESO POR MILLA (DOS DIRECCIONES)	REDUCCION EN VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE (mi/h)
0	0
10	2.5
20	5
30	7.5
40	10

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 Pag. 15-15.

La cantidad de puntos de acceso no corresponde con ninguno de los parámetros de la tabla por ende se procede a la interpolación y se muestra el resultado en la Tabla 72.

Tabla 72

Calculo sobre el factor de ajuste por puntos de acceso.

Interpolación	
10	2.5
15.45	3.86
20	5.0

Fuente: Elaboración propia empleando los datos de la Tabla 71.

Habiendo obtenido y calculado velocidad de flujo libre básica, el factor de ajuste por ancho de hombros y el factor de ajuste por densidad de puntos de acceso se procede a calcular la velocidad de flujo libre empleando la Ecuación 18.

$$FFS = BFFS - FLS - FA$$

$$FFS_{Norte} = 38 \text{ mi/hr} - 2.6 \text{ mi/hr} - 3.86 \text{ mi/hr} = 31.54 \text{ mi/hr}$$

$$FFS_{Sur} = 38 \text{ mi/hr} - 2.6 \text{ mi/hr} - 3.86 \text{ mi/hr} = 31.54 \text{ mi/hr}$$

$$FA = 3.86 \text{ mi/hr}$$

Tabla 73

Velocidad de flujo libre FFS de la estación norte y sur.

Calculo velocidad de flujo libre FFS ambas estaciones				
Estación	BFFS	FLS	FA	FFS
Aforo Norte	38	2.6	3.86	31.54
Aforo Sur	38	2.6	3.86	31.54

Fuente: Elaboración propia.

La velocidad del flujo libre en ambas estaciones norte y sur es de 31.54 mi/hr la cual es la velocidad máxima teorica que los vehículos automotores pueden alcanzar en el tramo, tomando en cuenta las características geométricas y físicas de la vía, se puede evidenciar claramente como lo muestra la Tabla 73 que la máxima perdida de velocidad es debido a la alta cantidad de puntos de acceso en el tramo debido a que está ubicado en una zona urbana.

3.4.3.3 Ajuste al volumen de demanda por velocidad promedio (ATS)

$$vol_{i, ATS} = \frac{Vol_i}{PHF * f_{g, ATS} * f_{HV, ATS}} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

- $vol_{i, ATS}$: Porcentaje de flujo de demanda I para calcular la velocidad media de recorrido ATS (pc/h).
- i : Dirección de análisis la cual sería representada por "d" (análisis en la dirección PETRONIC- Masaya) u "o" (dirección opuesta - Masaya PETRONIC).
- Vol_i : Volumen del flujo vehicular en la dirección i.
- $f_{g, ATS}$: factor de grado de ajuste por pendiente.
- $f_{HV, ATS}$: Factor de ajustes por vehículos pesados.
- PHF : Factor Hora de Máxima Demanda.
 - Factor de grado de ajuste (VPH).

El factor de grado de ajuste (VPH), se calcula utilizando el volumen de máxima demanda para una dirección, como en este caso los flujos direccionales son de 60/40 y 50/50 se multiplica el porcentaje del flujo direccional por el volumen de máxima demanda y este resultado se divide entre el factor de hora pico.

Primeramente, se calcula el VPH para la dirección de análisis:

$$VPH = \frac{\frac{\text{Porc. Fluj. Direcc.}}{100} * VHMD}{FHMD} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$VPH_{Norte} = \frac{\frac{60\%}{100} * 1170 \text{ veh/hr}}{0.96} = 731 \text{ veh/hr}$$

$$VPH_{Sur} = \frac{\frac{50\%}{100} * 1106 \text{ veh/hr}}{0.940} = 576 \text{ veh/hr}$$

Tabla 74

Valores obtenidos de VPH para la estación norte y sur.

Factor de grado de ajuste VPH				
Estación	VHMD	FHMD	Flujo Direccional	VPH _d
Norte	1170	0.96	60/40	731
Sur	1106	0.96	50/50	576

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se calcula el VPH para la dirección opuesta de análisis:

$$VPH_{Norte} = \frac{\frac{40\%}{100} * 1170 \text{ veh/hr}}{0.96} = 488 \text{ veh/hr}$$

$$VPH_{Sur} = \frac{\frac{50\%}{100} * 1106 \text{ veh/hr}}{0.940} = 576 \text{ veh/hr}$$

Tabla 75

Valores obtenidos de VPH para la estación norte y sur.

Factor de grado de ajuste VPH				
Estación	VHMD	FHMD	Flujo Direccional	VPH _o
Norte	1170	0.960	60/40	488
Sur	1106	0.960	50/50	576

Fuente: Elaboración propia.

El VPH calculado en el apartado anterior para la estación norte y la estación sur se interpola en la Tabla 76 y la Tabla 77 para encontrar el factor de ajuste por pendiente f_g , ATS para terreno plano y bajadas específicas, así como terreno ondulado, para ello ya se demostró en la Tabla 26 del inventario vial, las pendientes en el tramo oscilan entre el 0% y el 1% por el cual se pueden considerar plano.

Se procede a obtener el factor para la dirección de análisis:

Tabla 76

Factor de ajuste por pendiente f_g , ATS en la dirección de análisis.

Estación	Flujo de demanda en una dirección	Nivel de terreno plano y bajadas específicas	Terreno ondulado
	≤100	1	0.67
	200	1	0.75
	300	1	0.83
	400	1	0.9
	500	1	0.95
Estación Sur	576	1	0.968
	600	1	0.97
	700	1	0.98
Estación Norte	731	1	0.983
	800	1	0.99
	≥900	1	1

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 página 15-17.

➤ El Factor de ajuste por pendiente f_g, ATS

El Factor de ajuste por pendiente f_g, ATS obtenido en la Tabla 76 es de 1 para la estación norte y la estación sur, esto representa que el flujo vehicular V_i no es afectado por la pendiente de los puntos en estudio debido a que la misma es despreciable.

Se procede a obtener el factor para la dirección opuesta de análisis:

Tabla 77

Factor de ajuste por pendiente f_g, ATS en la dirección opuesta de análisis.

Estación	Flujo de demanda en una dirección	Nivel de terreno plano y bajadas específicas	Terreno ondulado
	≤100	1	0.67
	200	1	0.75
	300	1	0.83
	400	1	0.9
Estación Norte	488	1	0.944
	500	1	0.95
Estación Sur	576	1	0.965
	600	1	0.97
	700	1	0.98
	800	1	0.99
	≥900	1	1

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-17.

El Factor de ajuste por pendiente f_g, ATS obtenido en la Tabla 77 es de 1 para la estación norte y la estación sur, esto representa que el flujo vehicular V_i no es afectado por la pendiente de los puntos en estudio debido a que la misma es despreciable.

➤ Factor de ajustes por vehículos pesados

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Ecuación 23

Donde:

- $f_{HV,ATS}$: Factor de ajuste por vehículos pesados para calcular la velocidad de desplazamiento promedio ATS.
- P_T : Porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular (decimal).
- P_R : Porcentaje de vehículos recreacionales en el flujo vehicular (decimal).
- E_T : Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados.
- E_R : Equivalente de vehículos de pasajeros por Rv.

En la Ecuación 23, los valores de P_T Y P_R se encuentran en la Tabla 68 y Tabla 69 en el que se exponen los datos relevantes de la estación norte y la estación sur respectivamente en donde $P_{T_{Norte}} = 11.57\%$ $P_{R_{Norte}} = 0\%$ y $P_{T_{Sur}} = 9.25\%$ $P_{R_{Sur}} = 0\%$, para el cálculo de ET se utiliza el valor del factor de grado de ajuste $f_{g,ATS_{Norte}} = 731$ y $f_{g,ATS_{Sur}} = 576$ para posteriormente interpolar los datos en la columna de terreno plano, él $E_R = 0$ se da porque en la vía de estudio no se cuenta con vehículos recreacionales.

Primeramente, se obtendrá el factor $f_{HV,ATS}$ para la dirección de análisis:

Tabla 78

Equivalencia de vehículos de pasajeros por vehículos pesados y recreacionales

Tipo de vehículo	Estación	Flujo de demanda direccional	Tipo de terreno		
			terreno bajadas	plano especificas	y/o Terreno ondulado
Trucks, ER		≤100		1.9	2.7
		200		1.5	2.3
		300		1.4	2.1
		400		1.3	2

	500	1.2	1.8
Aforo Sur	576	1.12	1.72
	600	1.1	1.7
	700	1.1	1.6
Aforo Norte	731	1.10	1.54
	800	1.1	1.4
	≥900	1.0	1.3
RVs, ER	Todo tipo de flujo	1.0	1.0

Fuente: *Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-18.*

Habiendo obtenido todos los datos para el cálculo del factor de ajuste por vehículos pesados $f_{HV,ATS}$ se procede a realizar el cálculo del mismo empleando la Ecuación 23.

$$f_{HV,ATS_{Norte}} = \frac{1}{1 + 0.1157 * (1.10 - 1) + 0 * (0 - 1)} = 0.989$$

$$f_{HV,ATS_{Sur}} = \frac{1}{1 + 0.0925 * (1.12 - 1) + 0 * (0 - 1)} = 0.989$$

Tabla 79

Factor de ajuste por vehículos pesados y recreacionales.

Estación	PT	PR	ET	ER	$f_{HV,ATS}$
Aforo Norte	11.57%	0	1.10	0	0.989
Aforo Sur	9.25%	0	1.12	0	0.989

Fuente: *Elaboración propia.*

Posteriormente, se obtendrá el factor $f_{HV,ATS}$ para la dirección opuesta de análisis:

Tabla 80

Equivalencia de vehículos de pasajeros por vehículos pesados y recreacionales

Tipo de Estación de vehículo	Flujo de demanda direccional	Tipo de terreno	
		terreno plano y/o bajadas específicas	Terreno ondulado
Trucks, ER	≤100	1.9	2.7
	200	1.5	2.3
	300	1.4	2.1
	400	1.3	2

	Aforo Norte	488	1.21	1.81
		500	1.2	1.8
	Aforo Sur	576	1.12	1.72
		600	1.1	1.7
		700	1.1	1.6
		800	1.1	1.4
		≥900	1.0	1.3
RVs, ER	Todo tipo de flujo		1.0	1.0

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-18.

$$f_{HV,ATS_{Norte}} = \frac{1}{1 + 0.1157 * (1.21 - 1) + 0 * (0 - 1)} = 0.976$$

$$f_{HV,ATS_{Sur}} = \frac{1}{1 + 0.0925 * (1.12 - 1) + 0 * (0 - 1)} = 0.989$$

Tabla 81

Factor de ajuste por vehículos pesados y recreacionales.

Estación	PT	PR	ET	ER	$f_{HV,ATS}$
Aforo Norte	11.57%	0%	1.21	0	0.976
Aforo Sur	9.25%	0%	1.12	0	0.989

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo obtenido todos los datos necesarios para emplear la Ecuación 21 en cada dirección de análisis como lo son: f_g, ATS , factor de grado de ajuste por pendiente; $f_{HV, ATS}$, Factor de ajustes por vehículos pesados y PHF , Factor Hora de máxima demanda para cada estación se procede a realizar el cálculo de v_i, ATS para cada dirección y cada estación.

Primeramente, se procede a calcular vol_i, ATS en la dirección de análisis:

$$vol_{d, ATS} = \frac{Vol_d}{PHF * f_{g,d, ATS} * f_{HV,d, ATS}}$$

$$vol_{d_{Norte}, ATS} = \frac{731 \text{ veh/hr}}{0.96 * 1.00 * 0.989} = 771 \text{ veh/hr}$$

$$vol_{d\ sur, ATS} = \frac{576\ veh/hr}{0.96 * 1.00 * 0.989} = 607\ veh/hr$$

Tabla 82

Porcentaje de flujo de demanda para calcular la velocidad media de recorrido ATS.

Estación	Volumen por dirección Vol_d	Factor de hora pico	Factor de ajuste por pendiente	Factor por vehículos pesados	$vol_{d, ATS}$
Norte	731	0.960	1	0.989	771
Sur	576	0.960	1	0.989	607

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procede a calcular $vol_{i, ATS}$ en la dirección opuesta de análisis:

$$vol_{o, ATS} = \frac{Vol_o}{PHF * f_{g, ATS} * f_{HV, ATS}}$$

$$vol_{o\ Norte, ATS} = \frac{731\ veh/hr}{0.96 * 1.00 * 0.989} = 771\ veh/hr$$

$$vol_{o\ Sur, ATS} = \frac{576\ veh/hr}{0.96 * 1.00 * 0.989} = 607\ veh/hr$$

Tabla 83

Porcentaje de flujo de demanda para calcular la velocidad media de recorrido ATS.

Estación	Volumen por dirección Vol_o	Factor de hora pico	Factor de ajuste por pendiente	Factor por vehículos pesados	$vol_{o, ATS}$
Norte	488	0.960	1	0.976	520
Sur	576	0.960	1	0.989	607

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.4 Cálculo de velocidad promedio ATS

El ATS se calcula a partir de la velocidad a flujo libre (FFS), la tasa de flujo de demanda, la tasa de flujo opuesto, y el porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis.

Así como en el Paso 3, este paso se aplica sólo a carreteras de dos carriles Clase I y Clase III. El ATS es calculado a partir de la Ecuación 24:

$$ATS_d = FFS - 0.00776(vol_{d,ats} + vol_{o,ATS}) - f_{np,ATS} \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

- ATS_d : velocidad promedio en marcha de la dirección analizada (PETRONIC Masaya) (mi/hr).
- FFS : velocidad de flujo libre.
- $vol_{d,ats}$: porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección de análisis(pc/h) (PETRONIC-Masaya).
- $vol_{o,ATS}$: porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección opuesta (Masaya-PETRONIC) (pc/h).
- $f_{np,ATS}$: factor de ajuste para determinar el porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis.

Primeramente, se procede a realizar el cálculo para la dirección de análisis:

El ATS es calculado a partir de la Ecuación 24 donde para realizar el cálculo se necesita la velocidad a flujo libre (FFS), el cual se obtiene del paso dos; el volumen de demanda por velocidad $vol_{i,ATS}$, el cual fue encontrado en el paso tres donde el volumen vehicular difiere de 60/40 en ambas direcciones $0.60V / 0.40V$ para la estación norte y también el volumen vehicular es igual en ambas direcciones $Vol_d = Vol_o$ por la división direccional 50/50 en la estación sur; y finalmente el factor de grado de ajuste por zonas de no rebase Fnp,ATS se encuentra al realizar la interpolación en la Tabla 87, en dicha tabla se necesitó el

valor de FFS, el porcentaje de no rebase que en nuestro caso es de 100% debido a que el tramo en estudio se ubica en una zona urbana y el volumen vehicular de la dirección opuesta al análisis.

Debido a que en la estación norte existe una división direccional de 60/40 para poder encontrar el volumen opuesto procedemos a emplear la Ecuación 25:

$$Vol_o = \left(\frac{\%FD_D}{100} * Vol_D \right) * \frac{\%FD_o}{100} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

- Vol_o : Volumen del flujo vehicular en la dirección opuesta al análisis.
- Vol_d : Volumen del flujo vehicular en la dirección al análisis.
- $\%FD_D$: Porcentaje de la división direccional del volumen del flujo vehicular en la dirección al análisis.
- $\%FD_o$: Porcentaje de la división direccional del volumen del flujo vehicular en la dirección opuesta al análisis.

$$Vol_o = \left(\frac{60}{100} * 731 \text{ veh/hr} \right) * \frac{40}{100} = 488 \text{ veh/hr}$$

- Factor de grado de ajuste por zonas de no rebase **Fnp,ATS** en la dirección de análisis.

Tabla 84

Resumen del cálculo de VPH para ambas direcciones en ambas estaciones.

Estación	VPH_D	VPH_o
Norte	731	488
Sur	576	576

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85

Factor de grado de ajuste por zonas de no rebase $F_{np,ATS}$ en la dirección de análisis.

Estación	Flujo de demanda opuesta	Restricción de rebase				
		≤20	40	60	80	100
FFS≤45mi/h						
	≤100	0.1	0.4	1.7	2.2	2.4
	200	0.9	1.6	3.1	3.8	4
	400	0.9	0.5	2	2.5	2.7
Estación Norte	488	0.68	0.41	1.69	2.15	2.30
Estación Sur	576	0.46	0.32	1.38	1.80	1.91
	600	0.4	0.3	1.3	1.7	1.8
	800	0.3	0.3	0.8	1.1	1.2
	1000	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1
	1200	0.3	0.3	0.6	0.7	1
	1400	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7
	≥1600	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-22.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 85 con $FFS \leq 45 \text{mi/h}$ se realizó el proceso de interpolación en el rango entre 400 y 600, donde ambas las ubicamos en la columna de 100% de restricción obteniendo como resultado $F_{np,ATS_{Norte}} = 2.30$ y $F_{np,ATS_{Sur}} = 1.91$.

Habiendo obtenido todos los datos se procede a la realización del cálculo:

$$ATS_d = FFS - 0.00776(vol_{d,ats} + vol_{o,ATS}) - f(np.ATS)$$

$$ATS_{d_{Norte}} = 31.54 - \left[0.00776 * \left(731 \text{ veh/hr} + 488 \text{ veh/hr} \right) \right] - 2.30 = 19.78$$

$$ATS_{d_{Sur}} = 31.54 - \left[0.00776 * \left(576 \text{ veh/hr} + 576 \text{ veh/hr} \right) \right] - 1.91 = 20.69$$

Tabla 86

Velocidad promedio en marcha de la dirección de análisis ATS_d .

Estación	FFS	vol_d	División direccional	vol_o	$f_{np,ATS}$	ATS_d
Norte	31.54	731	60/40	488	2.30	19.78
Sur	31.54	576	50/50	576	1.91	20.69

Fuente: Elaboración propia.

$f_{np,ATS}$

En la Tabla 86 se representa un resumen de todos los datos y cálculos realizados dando como resultado la velocidad promedio de marcha en la estación norte $ATS_{d_{Norte}} = 19.78 \text{ mi/hr}$ y la estación sur $ATS_{d_{Sur}} = 20.69 \text{ mi/hr}$.

Posteriormente, se procede a realizar el cálculo para la dirección opuesta al análisis:

El ATS es calculado a partir de la Ecuación 24 donde para realizar el cálculo se necesita la velocidad a flujo libre (FFS), el volumen de demanda por velocidad vol_d, ATS , el volumen de demanda por velocidad opuesto vol_o, ATS y finalmente el factor de grado de ajuste por zonas de no rebase $F_{np, ATS}$ se encuentra al realizar la interpolación en la Tabla, en dicha tabla se necesitó el valor de FFS, el porcentaje de no rebase que en nuestro caso es de 100% debido a que el tramo en estudio se ubica en una zona urbana así como el volumen opuesto en la dirección de análisis.

Tabla 87

Factor de grado de ajuste por zonas de no rebase $F_{np, ATS}$ en la dirección opuesta al análisis.

Estación	Restricción de rebase					
	≤ 20	40	60	80	100	
FFS $\leq 45 \text{ mi/h}$						
≤ 100	0.1	0.4	1.7	2.2	2.4	
200	0.9	1.6	3.1	3.8	4	
400	0.9	0.5	2	2.5	2.7	
Estación Sur	576	0.46	0.32	1.38	1.80	1.91

	600	0.4	0.3	1.3	1.7	1.8
Estación Norte	731	0.33	0.30	0.97	1.31	1.41
	800	0.3	0.3	0.8	1.1	1.2
	1000	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1
	1200	0.3	0.3	0.6	0.7	1
	1400	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7
	≥1600	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-22.

En la Tabla 87 con $FFS \leq 45 \text{ mi/h}$ se realizó el proceso de interpolación en el rango entre 600 y 800, así como 400 y 600 para la estación norte y sur respectivamente donde ambas las ubicamos en la columna de 100% de restricción obteniendo como resultado $f_{np, ATS_{Norte}} = 1.41$ y $f_{np, ATS_{Sur}} = 1.91$.

Habiendo obtenido todos los datos se procede a la realización del cálculo:

$$ATS_o = FFS - 0.00776(vol_{d,ats} + vol_{o,ATS}) - f(np.ATS)$$

$$ATS_{oNorte} = 31.54 - \left[0.00776 * (731 \text{ veh/hr} + 488 \text{ veh/hr}) \right] - 1.41 = 20.67$$

$$ATS_{oSsur} = 31.54 - \left[0.00776 * (576 \text{ veh/hr} + 576 \text{ veh/hr}) \right] - 1.91 = 20.69$$

Tabla 88

Velocidad promedio en marcha de la dirección opuesta al análisis ATS_o .

Estación	FFS	vol_d	División direccional	vol_o	$f_{np.ATS}$	ATS_o
Norte	31.54	731	60/40	488	1.41	20.67
Sur	31.54	576	50/50	576	1.91	20.69

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 89 se representa un resumen de todos los datos y cálculos realizados dando como resultado la velocidad promedio de marcha en la estación norte $ATSd_{Norte} = 20.67 \text{ mi/hr}$ y la estación sur $ATSd_{Sur} = 20.69 \text{ mi/hr}$.

Tabla 89

Resumen del cálculo de ATS para ambas direcciones en cada estación.

Estación	ATS_d	ATS_o
Norte	19.78	20.67
Sur	20.69	20.69

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.5 Ajuste en el flujo vehicular por demoras por no rebase

$$vol_{i,PTSF} = \frac{Vol_i}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

- $vol_{i,PTSF}$: porcentaje de flujo de demanda i para la determinación del porcentaje de demoras.
- Vol_i : Factor Hora de Máxima Demanda. $i="d"$ (análisis en la dirección de estudio PETRONIC-Masaya) y $"o"$ (análisis en la dirección opuesta Masaya –PETRONIC).
- $f_{g,PTSF}$: factor de ajuste por pendiente para determinar el porcentaje de demoras.
- $f_{HV,PTSF}$: factor de ajuste por vehículos pesados para determinar el porcentaje de demoras.

- Factor de ajuste por pendiente $f_{g,PTSF}$ terrenos planos y pendientes específicas.

El factor de grado de ajuste VPH es el factor que se interpolara en las tablas siguientes, este dato se calculó en el paso 3 y se mostraron en la Tabla 74 ahora se presenta a continuación:

Tabla 90

Factor de grado de ajuste VPH.

Estación	VPH_D	VPH_O
Estación Norte	731	488
Estación Sur	576	576

Fuente: Elaboración propia.

Primeramente, se calcula el factor f_g , $PTSF$ para la dirección de análisis:

Tabla 91

Factores de ajuste por pendiente f_g , $PTSF$ terrenos planos y pendientes específicas.

FACTOR DE AJUSTE			
Estación	Flujo de la demanda en una dirección	Terreno plano y bajada específica	Terreno ondulado
	≤100	1.00	0.73
	200	1.00	0.80
	300	1.00	0.85
	400	1.00	0.90
	500	1.00	0.96
Estación Sur	576	1.00	0.968
	600	1.00	0.97
	700	1.00	0.99
Estación Norte	731	1.00	0.993
	800	1.00	1.00
	≥900	1.00	1.00

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-23.

El resultado del valor de Factores de ajuste por pendiente f_g , $PTSF$ terrenos planos y pendientes específicas se obtiene cuando se interpola los valores de VPH de las estaciones norte y sur los cuales son 731 y 576 veh/hr respectivamente el cual se encuentra entre los valores de 700 y 800 así como 500 y 600 de la tabla respectivamente, y dado que las pendientes del tramo se encuentran entre el 1% y 2% el terreno se considera plano, por lo cual al realizar la interpolación el factor de grado de ajuste por pendiente es 1 para ambas estaciones.

$$f_{g, PTSF_{Norte}} = 1$$

$$f_{g, PTSF_{Sur}} = 1$$

Posteriormente, se calcula el factor $f_{g, PTSF}$ para la dirección opuesta de análisis:

Tabla 92

Factores de ajuste por pendiente $f_{g, PTSF}$ terrenos planos y pendientes esp.

FACTOR DE AJUSTE			
Estación	Flujo de la demanda en una dirección	Terreno plano y bajada específica	Terreno ondulado
	≤100	1.00	0.73
	200	1.00	0.80
	300	1.00	0.85
	400	1.00	0.90
Estación Norte	488	1.00	0.953
	500	1.00	0.96
Estación Sur	576	1.00	0.968
	600	1.00	0.97
	700	1.00	0.99
	800	1.00	1.00
	≥900	1.00	1.00

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-23.

El resultado del valor de Factores de ajuste por pendiente $f_{g, PTSF}$ terrenos planos y pendientes específicas se obtiene cuando se interpola los valores de VPH de las estaciones norte y sur los cuales son 488 y 576 veh/hr respectivamente el cual se encuentra entre los valores de 400 y 500 así como 500 y 600 de la tabla respectivamente, y dado que las pendientes del tramo se encuentran entre el 1% y 2% el terreno se considera plano, por lo cual al realizar la interpolación el factor de grado de ajuste por pendiente es 1 para ambas estaciones.

$$f_{g, PTSF_{Norte}} = 1$$

$$f_{g, PTSF_{Sur}} = 1$$

- Factor de ajuste por vehículos pesados por demoras.

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

- $f_{HV,PTSF}$: factor de ajuste por vehículos pesados para calcular el PTSF.
- P_T : porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular (decimal)
- P_R : porcentaje de RVS en el flujo vehicular (decimal)
- E_T : equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados
- E_R : equivalente de vehículos de pasajeros por RVs.

Para el cálculo en la dirección de análisis:

En la Ecuación 27, los valores de PT Y PR se encuentran en la Tabla 68 y la Tabla 69 en el que se exponen los datos relevantes de la estación norte y la estación sur respectivamente en donde $PT_{Norte} = 11.57\%$ $PR_{Norte} = 0\%$ y $PT_{Sur} = 9.25\%$ $PR_{Sur} = 0\%$, para el cálculo de ET se utiliza el valor del factor de grado de ajuste $VPH_D Norte = 731$ y $VPH_D Sur = 576$ para posteriormente interpolar los datos en la columna de terreno plano, el $ER = 0$ porque en la vía de estudio no se cuenta con vehículos recreacionales.

Tabla 93

Porcentaje de demoras subiendo (PTSF) Vehículos equivalentes para camiones (ET) y vehículos de recreo (Er). En terreno ondulado y pendientes específicas.

Tipo de vehículo	Estación	Flujo de demanda direccional	Tipo de terreno	
			terreno plano y/o bajadas específicas	Terreno ondulado
Trucks, ER		≤100	1.1	1.90
		200	1.1	1.80
		300	1.1	1.70
		400	1.1	1.60
		500	1.0	1.40

	Sur	600	1.0	1.20
	Norte	700	1.0	1.00
		800	1.0	1.00
		≥900	1.0	1.00
RVs, ER	Todo tipo de flujo		1.0	1.00

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-24.

Nota: En esta tabla no se requiere interpolación.

El porcentaje de demoras subiendo $PTSF$ de vehículos equivalentes para camiones ET y vehículos de recreo Er se obtuvo de la Tabla 93 en donde para obtener el resultado se procedió a redondear el valor de $f_g, PTSF_{Norte} = 731$ a 700 y $f_g, PTSF_{Sur} = 576$ a 600 para que así los datos encajaran en los valores puntuales de la tabla y luego se obtiene $ET = 1$ y $ER = 1$ para ambas estaciones.

Sustituyendo en la fórmula para hallar el factor de grado de ajuste por vehículos pesados:

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$f_{HV,PTSF_{Norte}} = \frac{1}{1 + 0.1157 * (1 - 1) + 0.0000 * (0 - 1)} = 1$$

$$f_{HV,PTSF_{Sur}} = \frac{1}{1 + 0.0925 * (1 - 1) + 0.0000 * (0 - 1)} = 1$$

Tabla 94

Factor de grado de ajuste por vehículos pesados.

Estación	PT	PR	ET	ER	$f_{HV,PTSF}$
Norte	11.57%	0%	1.0	0	1
Sur	9.25%	0%	1.0	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo en la dirección opuesta de análisis:

En la Ecuación 27, los valores de PT Y PR se encuentran en la Tabla 68 y la Tabla 69 en el que se exponen los datos relevantes de la estación norte y la estación sur respectivamente en donde $PT_{Norte} = 11.57\%$ $PR_{Norte} = 0\%$ y

$PT_{Sur} = 9.25\%$ $PR_{Sur} = 0\%$, para el cálculo de ET se utiliza el valor del factor de grado de ajuste $VPH_D Norte = 488$ y $VPH_D Sur = 576$ para posteriormente interpolar los datos en la columna de terreno plano, él $ER = 0$ se da porque en la vía de estudio no se cuenta con vehículos recreacionales.

Tabla 95

Porcentaje de demoras subiendo (PTSF) Vehículos equivalentes para camiones (ET) y vehículos de recreo (Er). En terreno ondulado y pendientes específicas.

Tipo de vehículo	Estación	Flujo de demanda direccional	Tipo de terreno	
			terreno plano y/o bajadas específicas	Terreno ondulado
Trucks, ER		≤100	1.1	1.90
		200	1.1	1.80
		300	1.1	1.70
		400	1.1	1.60
	Norte	500	1.0	1.40
	Sur	600	1.0	1.20
		700	1.0	1.00
		800	1.0	1.00
		≥900	1.0	1.00
RVs, ER		Todo tipo de flujo	1.0	1.00

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-24.

Nota: En esta tabla no se requiere interpolación.

El porcentaje de demoras subiendo $PTSF$ de vehículos equivalentes para camiones ET y vehículos de recreo Er se obtuvo de la Tabla 95 en donde para obtener el resultado se procedió a redondear el valor de $f_g, PTSF_{Norte} = 488$ a 500 y $f_g, PTSF_{Sur} = 576$ a 600 para que así los datos encajaran en los valores puntuales de la tabla y luego se obtiene $ET = 1$ y $ER = 1$ para ambas estaciones.

Sustituyendo en la fórmula para hallar el factor de grado de ajuste por vehículos pesados:

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$f_{HV,PTSF_{Norte}} = \frac{1}{1 + 0.1157 * (1 - 1) + 0.0000 * (0 - 1)} = 1$$

$$f_{HV,PTSF_{Sur}} = \frac{1}{1 + 0.0925 * (1 - 1) + 0.0000 * (0 - 1)} = 1$$

Tabla 96

Factor de grado de ajuste por vehículos pesados.

Estación	PT	PR	ET	ER	$f_{HV,PTSF}$
Norte	11.57%	0%	1.0	0	1
Sur	9.25%	0%	1.0	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculados los factores de grado de ajuste por pendiente y por vehículos pesados se procedió a calcular el ajuste al volumen de demanda por demora promedio $v_{i,PTSF}$ por cada dirección:

Dirección de análisis:

$$vol_{d,PTSF} = \frac{Vol_d}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}}$$

$$vol_{d,PTSF_{Norte}} = \frac{731 \text{ veh/hr}}{96\% * 1 * 1} = 762 \text{ veh/hr}$$

$$vol_{d,PTSF_{Sur}} = \frac{576 \text{ veh/hr}}{96\% * 1 * 1} = 600 \text{ veh/hr}$$

Tabla 97

Factor de ajuste al volumen de demanda por demora promedio.

Estación	Vol_i	PHF	$f_{g,PTSF}$	$f_{HV,PTSF}$	$vol_{i,PTSF}$
Norte	731	96%	1	1	762
Sur	576	96%	1	1	600

Fuente: Elaboración propia.

Dirección opuesta de análisis:

$$vol_{o,PTSF} = \frac{Vol_o}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}}$$

$$vol_{o,PTSF_{Norte}} = \frac{488 \text{ veh/hr}}{96\% * 1 * 1} = 508 \text{ veh/hr}$$

$$vol_{o,PTSF_{Sur}} = \frac{576 \text{ veh/hr}}{96\% * 1 * 1} = 600 \text{ veh/hr}$$

Tabla 98

Factor de ajuste al volumen de demanda por demora promedio.

Estación	Vol_i	PHF	$f_{g,PTSF}$	$f_{HV,PTSF}$	$vol_{i,PTSF}$
Norte	488	96%	1	1	508
Sur	576	96%	1	1	600

Fuente: Elaboración propia.

PHF

$f_{HV,PTSF}$

Tabla 99

Volumen de demanda vehicular por demoras por dirección para cada estación.

Estación	Vol_d	Vol_o
Norte	762 veh/hr	508 veh/hr
Sur	600 veh/hr	600 veh/hr

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.6 Cálculo de porcentaje de demoras siguiendo a otro vehículo PTSF

Este paso sólo se aplica a las carreteras de dos carriles Clase I y Clase II. Las de clase III no utilizan este porcentaje para determinar los niveles de servicio (LOS).

Una vez que se calcula los flujos de demanda para estimar el porcentaje de demora siguiendo *PTSF*, el factor *PTSF* se calcula con la Ecuación 28:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np, PTSF} + \left(\frac{vol_d, PTSF}{vol_d, PTSF + vol_o, PTSF} \right) \quad \text{Ecuación 28}$$

$$BPTSF_d = 100 * (1 - \exp(-av_d^b)) \quad \text{Ecuación 29}$$

Donde:

- $PTSF_d$: Porcentaje de demora siguiendo a otro vehículo en la dirección analizada (PETRONIC-Masaya).
- $BPTSF_d$: porcentaje de demora básica siguiendo a otro vehículo en la dirección analizada (PETRONIC-Masaya).
- $f_{np, PTSF}$: factor de ajustes del porcentaje de demoras siguiendo a otro vehículo (ptsf), por el porcentaje de zonas de no rebase del tramo analizado (PETRONIC Masaya).
- $Vol_d, PTSF$: porcentaje de flujo de demanda en la dirección analizada (PETRONIC Masaya) para determinar $PTSF(v/h)$.
- $Vol_o, PTSF$: porcentaje de flujo de demanda en la dirección opuesta ala analizada (Masaya-PETRONIC) para determinar $ptsf(v/h)$.
- vol_d : es el flujo de demanda por demoras $Vol_d, PTSF$ calculado en el paso 5.

Se procede a realizar los cálculos en la dirección de análisis:

➤ Coeficiente de demoras **BPTSF_d**

Tabla 100

Coeficientes para demoras (PTSF) para la Ecuación 29 para estimar el BPTSF_d.

COEFICIENTE PARA DEMORAS PTSF			
	≤200	-0.014	0.973
	400	-0.0022	0.923
AFOTO NORTE	488	-0.00268	0.89981
AFORO SUR	576	-0.00317	0.87635
	600	-0.0033	0.87
	800	-0.0045	0.833
	1000	-0.0049	0.829
	1200	-0.0054	0.825
	1400	-0.0058	0.821
	≥1600	-0.0062	0.817
	≤200	-0.014	0.973

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-26.

Interpolando en la Tabla 100 se encontraron los valores de "a" y "b" y se aplica a la Ecuación 29:

Tabla 101

Coeficientes para demoras (PTSF) de ambas estaciones.

Estación	Coeficiente a	Coeficiente b
Aforo Norte	-0.00268	0.89981
Aforo Sur	-0.00317	0.87635

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de demoras siguiendo a otro vehículo se calcula por cada dirección debido a la división direccional del tramo, primero se calculará para la dirección de análisis:

$$BPTSF_d = 100 * (1 - \exp(av_d^b))$$

$$BPTSF_{d_{Norte}} = 100 * (1 - \exp(-0.00268 * 731 \text{ veh/hr}^{0.89981})) = 63.67\%$$

$$BPTSF_{d_{Sur}} = 100 * (1 - \exp(-0.00317 * 576 \text{ veh/hr}^{0.87635})) = 56.47\%$$

Tabla 102

Resumen del cálculo del $BPTSF_d$ en la dirección de análisis para satisfacer la Ecuación 28.

Estación	Coefficiente a	Coefficiente b	vol_d	$BPTSF_d$
Aforo Norte	-0.00268	0.89981	731	63.67%
Aforo Sur	-0.00317	0.87635	576	56.47%

Fuente: Elaboración propia.

Se procede a calcular el porcentaje de demoras siguiendo a otro vehículo se calculada para la dirección opuesta a la de análisis:

Tabla 103

Coefficientes para demoras (PTSF) para la Ecuación 29 para estimar el $BPTSF_o$.

COEFICIENTE PARA DEMORAS PTSF			
Estación	Flujo de volumen opuesto V_o (Veh/h)	Coefficiente a	Coefficiente b
	≤200	-0.014	0.973
	400	-0.0022	0.923
AFORO SUR	576	-0.00316	0.87634
	600	-0.0033	0.87
AFOTO NORTE	731	-0.00408	0.84571
	800	-0.0045	0.833
	1000	-0.0049	0.829
	1200	-0.0054	0.825
	1400	-0.0058	0.821
	≥1600	-0.0062	0.817

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-26.

$$BPTSF_o = 100 * (1 - \exp(av_o^b))$$

$$BPTSF_{o_{Norte}} = 100 * \left(1 - \exp\left(-0.00409 * 488 \text{ veh/hr}^{0.84572}\right)\right) = 53.55\%$$

$$BPTSF_{o_{Sur}} = 100 * \left(1 - \exp\left(-0.00317 * 576 \text{ veh/hr}^{0.87635}\right)\right) = 56.47\%$$

Tabla 104

Resumen del cálculo del $BPTSF_d$ en la dirección opuesta a la de análisis para satisfacer la Ecuación 28.

Estación	Coeficiente a	Coeficiente b	vol_o	$BPTSF_d$
Aforo Norte	-0.00409	0.84572	488	53.55%
Aforo Sur	-0.00317	0.87635	576	56.47%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 105

Factor $BPTSF$ en cada dirección por estación.

Estación	$BPTSF_d$	$BPTSF_o$
Aforo Norte	63.67%	53.55%
Aforo Sur	56.47%	56.47%

Fuente: Elaboración propia.

- Factor de ajuste para zonas sin paso.

El valor que se interpola en la Tabla 107 es la suma del volumen de demanda direccional por demoras $vol_{d,PTSF}$ más el volumen demanda opuesto por demoras $vol_{o,PTSF}$, cuya suma es:

$$Vol = vol_d + vol_o \quad \text{Ecuación 30}$$

$$Vol_{Norte} = 762 \text{ veh/hr} + 508 \text{ veh/hr} = 1270 \text{ veh/hr}$$

$$Vol_{Sur} = 600 \text{ veh/hr} + 600 \text{ veh/hr} = 1200 \text{ veh/hr}$$

Tabla 106

Volumen de demanda direccional total en la estación.

Estación	vol_d	vol_o	Vol
Estación Norte	762	508	1270
Estación Sur	600	600	1200

Fuente: Elaboración propia.

Este valor se interpolará con respecto al valor de la restricción de rebase en el tramo que por ser en zona urbana es del 100%. Interpolando los datos

obtenidos de la Tabla 106 y en la Tabla 107 se encuentra el valor de ajuste por zonas de no rebase $f_{np,PTSF}$:

Tabla 107

Factor de ajuste por zonas de no rebase ($f_{np, PTSF}$) para determinar el PTSF.

Estación	Flujo vehicular en ambos carriles $Vol = vol_d + vol_o$	Porcentaje de zonas de no rebase					
		0	20	40	60	80	100
División direccional 50/50							
	≤200	9	29.2	43.4	49.4	51	52.6
	400	16.2	41	54.2	61.6	63.8	65.8
	600	15.8	38.2	47.8	53.2	55.2	56.8
	800	15.8	33.8	40.4	44	44.8	46.6
Sur	1200	13.80	24.60	29.33	32.13	33.20	34.60
	1400	12.8	20	23.8	26.2	27.4	28.6
	2000	10	13.6	15.8	17.4	18.2	18.8
	2600	5.5	7.7	8.7	9.5	10.1	10.3
	3200	3.3	4.7	5.1	5.5	5.7	6.1
División direccional 60/40							
	≤200	11	30.6	41	51.2	52.3	53.5
	400	14.6	36.1	44.8	53.4	55	56.3
	600	14.8	36.9	44	51.1	52.8	54.6
	800	13.6	28.2	33.4	38.6	39.9	41.3
Norte	1270	12.19	20.92	24.56	28.27	29.34	30.34
	1400	11.8	18.9	22.1	25.4	26.4	27.3
	2000	9.1	13.5	15.6	16	16.8	17.3
	2600	5.9	7.7	8.6	9.6	10	10,2

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag.15-26.

Habiendo realizado la interpolación en la Tabla 107 entre el porcentaje de zonas de no rebase y el flujo vehicular total de ambas direcciones se procede a exponer los resultados en la Tabla 108:

Tabla 108

Factor de ajuste por zonas de no rebase ($f_{np, PTSF}$) en cada estación.

Estación	$f_{np, PTSF}$
Estación Norte	30.34
Estación Sur	34.60

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo obtenido $BPTSF_d$ y $f_{np, PTSF}$ se procede a calcular el porcentaje de demoras en el flujo vehicular $PTSF$ para ambas direcciones empleando la Ecuación 28:

Dirección de análisis $PTSF_d$:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np, PTSF} * \left(\frac{vol_{d, PTSF}}{v_{d, PTSF} + v_{o, PTSF}} \right)$$

$$PTSF_{dNorte} = 63.67\% + 30.34 * \left(\frac{762 \text{ veh/hr}}{1270 \text{ veh/hr}} \right) = 81.88\%$$

$$PTSF_{dSur} = 56.47\% + 34.60 * \left(\frac{600 \text{ veh/hr}}{1200 \text{ veh/hr}} \right) = 73.77\%$$

Tabla 109

Resumen del cálculo del porcentaje de demoras en el flujo vehicular $PTSF_d$ en la dirección de análisis.

Estación	$BPTSF_d$	$f_{np, PTSF}$	$v_{d, PTSF}$	$v_{o, PTSF}$	$v_{d, PTSF} + v_{o, PTSF}$	$PTSF_d$
Estación Norte	63.67%	30.34	762	508	1270	81.88%
Estación Sur	56.47%	34.60	600	600	1200	73.77%

Fuente: Elaboración propia.

Dirección opuesta al análisis $PTSF_o$:

$$PTSF_o = BPTSF_o + f_{np, PTSF} * \left(\frac{vol_{o, PTSF}}{v_{d, PTSF} + v_{o, PTSF}} \right)$$

$$PTSF_{oNorte} = 53.55\% + 30.34 * \left(\frac{508 \text{ veh/hr}}{1270 \text{ veh/hr}} \right) = 65.69\%$$

$$PTSF_{oSuro} = 56.47\% + 34.60 * \left(\frac{600 \text{ veh/hr}}{1200 \text{ veh/hr}} \right) = 73.77\%$$

Tabla 110

Resumen del cálculo del porcentaje de demoras en el flujo vehicular $PTSF_d$ en la dirección de análisis.

Estación	$BPTSF_d$	$f_{np,PTSF}$	$v_{d,PTSF}$	$v_{o,PTSF}$	$v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}$	$PTSF_d$
Estación Norte	53.55%	30.34	762	508	1270	65.69%
Estación Sur	56.47%	34.60	600	600	1200	73.77%

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.7 Estimación del porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS).

Este paso sólo se aplicará a carretera de clase 3 y dado que el tramo de estudio es de clase 1 no se aplicará este paso.

3.4.3.8 Determinación del nivel de servicio y la capacidad vial

En este punto el análisis, los valores de cualquier medida (s) ya han sido determinados. Los Niveles de Servicio se encuentran comparando las medidas apropiadas con los criterios de la Tabla 111. La medida (s) utilizado debe ser adecuado a la clase de carretera en estudio:

- Clase I: Velocidad promedio (ATS) y Porcentaje de tiempo siguiendo PTSF.
- Clase II: Porcentaje de tiempo siguiendo (PTSF).
- Clase III: Porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS).

Para Carreteras Clase I, se aplican dos medidas de servicio. Cuando se entra a la Tabla 111, se obtienen dos niveles de servicio. El peor de los dos es el prevalente. Por ejemplo, si el resultado con la velocidad promedio es un Nivel de

servicio C y con el porcentaje de tiempo siguiendo resulta designado un nivel de servicio D se asigna el nivel de servicio D. (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2010) pag.15-27.

Habiendo calculado hasta el momento la velocidad promedio en marcha ATS_d y el porcentaje de demoras en el flujo vehicular $PTSF_d$ se procede a resumirlas en la Tabla 111:

Tabla 111

Resumen de los valores de ATS_d y $PTSF_d$ en cada estación.

Estación	ATS_d	ATS_o	$PTSF_d$	$PTSF_o$
Estación Norte	19.78	20.67	81.88%	65.69%
Estación Sur	20.69	20.69	73.77%	73.77%

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores de ATS_d y $PTSF_d$ en cada estación se procede a interpolar los datos en la sección de carreteras clase I y los rangos de ATS_d y $PTSF_d$ en la Tabla 111, Tabla 113, Tabla 114 y Tabla 115.

Se procede a determinar el nivel de servicio para cada dirección por estación:

1. valores obtenidos en los rangos de ATS_d y $PTSF_d$ para la estación norte en la dirección norte-sur:

Para este análisis se interpolarán los valores obtenidos para estación norte en la dirección norte-sur, en los rangos de ATS_d y $PTSF_d$ para la carretera clase I en la siguiente tabla:

Tabla 112

Niveles de servicio para carreteras de dos carriles LOS de la estación norte dirección de análisis.

Nivel de servicio LOS	Carretera de clase I	Carretera de clase II	Carretera de clase III
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)

A	>55	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75
E	≤40	>80	>85	≤66.7

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-7.

Habiendo interpolado los valores obtenidos en los rangos de $ATS_d = 19.78$ y $PTSF_d = 84.27\%$ que se reflejan en el nivel de servicio **E** debido a que la velocidad promedio ATS es menor a 40 mi/hr y el porcentaje de demoras es mayor a 80%.

2. Valores obtenidos en los rangos de ATS_d y $PTSF_d$ para la estación sur en la dirección norte-sur:

Para este análisis se interpolarán los valores obtenidos para estación norte en la dirección norte-sur, en los rangos de ATS_d y $PTSF_d$ para la carretera clase I en la Tabla 113:

Tabla 113

Niveles de servicio para carreteras de dos carriles LOS de la estación sur dirección de análisis.

Nivel de servicio LOS	Carretera de clase I		Carretera de clase II	Carretera de clase III
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PTSF (%)
A	>55	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75
E	≤40	>80	>85	≤66.7

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-7.

Habiendo interpolado los valores obtenidos en los rangos de $ATS_d = 20.69 \text{ mi/hr}$ y $PTSF_d = 73.77\%$ que se reflejan en el nivel de servicio **D** y **E** debido a que la velocidad promedio ATS es menor a 40 mi/hr y el porcentaje de demoras es mayor a 65% y 80%. Se encontró que los niveles de servicio difieren entre ATS_d

y $PTSF_d$ por lo tanto, a como estipula la metodología se procede a seleccionar el nivel de servicio más desfavorable el cual es **E**.

3. Valores obtenidos en los rangos de ATS_o y $PTSF_o$ para la estación norte en la dirección sur-norte:

Para este análisis se interpolarán los valores obtenidos para estación norte en la dirección sur-norte, en los rangos de ATS_o y $PTSF_o$ para la carretera clase I en la Tabla 114:

Tabla 114

Niveles de servicio para carreteras de dos carriles LOS de la estación norte en la dirección opuesta de análisis.

Nivel de servicio LOS	Carretera de clase I		Carretera de clase II	Carretera de clase III
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PTSF (%)
A	>55	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75
E	≤40	>80	>85	≤66.7

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag. 15-7.

Habiendo interpolado los valores obtenidos en los rangos de $ATS_d = 20.67 \text{ mi/hr}$ y $PTSF_d = 65.69\%$ que se reflejan en el nivel de servicio **D** y **E** debido a que la velocidad promedio ATS es menor a 40 mi/hr y el porcentaje de demoras es mayor a 65% y 80%. Se encontró que los niveles de servicio difieren entre ATS_o y $PTSF_o$ por lo tanto, a como estipula la metodología se procede a seleccionar el nivel de servicio más desfavorable el cual es **E**.

4. Valores obtenidos en los rangos de ATS_o y $PTSF_o$ para la estación sur en la dirección sur-norte:

Para este análisis se interpolarán los valores obtenidos para estación norte en la dirección sur-norte, en los rangos de ATS_o y $PTSF_o$ para la carretera clase I en la Tabla 115:

Tabla 115

Niveles de servicio para carreteras de dos carriles LOS de la estación sur en la dirección opuesta de análisis.

Nivel de servicio LOS	Carretera de clase I		Carretera de clase II	Carretera de clase III
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PTSF (%)
A	>55	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75
E	≤40	>80	>85	≤66.7

Fuente: Highway Capacity Manual 2010 pag.15-7.

Habiendo interpolado los valores obtenidos en los rangos de $ATS_d = 20.69 \text{ mi/hr}$ y $PTSF_d = 73.77\%$ que se reflejan en el nivel de servicio **D** y **E** debido a que la velocidad promedio ATS es menor a 40 mi/hr y el porcentaje de demoras es mayor a 65% y 80%. Se encontró que los niveles de servicio difieren entre ATS_o y $PTSF_o$ por lo tanto, a como estipula la metodología se procede a seleccionar el nivel de servicio más desfavorable el cual es **E**.

- Cálculo de la capacidad de la estación por velocidad de desplazamiento ATS_d y por demoras $PTSF_d$.

La capacidad, que existe en el límite entre LOS E y F, no está determinada por una medida de efectividad. En condiciones básicas, la capacidad de una carretera de dos carriles (en una dirección) es de 1.700 pc / h. Para determinar la capacidad bajo las condiciones prevalecientes, se deben aplicar los factores de ajuste relevantes. En este caso, sin embargo, se conoce el caudal de demanda de 1700 pc / h en las condiciones básicas y se busca el caudal de demanda en las condiciones predominantes.

$$C_{dATS} = 1700 * f_{g,ATS} * f_{HV,ATS} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

- C_{dATS} : capacidad en la dirección de análisis bajo condiciones básicas de desplazamiento promedio (ATS)(V/H).
- $f_{g,ATS}$: factor de ajuste por pendiente por la velocidad promedio de desplazamiento (paso 2).
- $f_{HV,ATS}$: factor de ajuste por vehículos pesados en la velocidad promedio de desplazamiento (calculado paso 2).

$$C_{dPTSF} = 1700 * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF} \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

- C_{dPTSF} : capacidad en la dirección de análisis bajo condiciones básicas con el porcentaje de tiempo gastado siguiendo a otro vehículo $PTSF$ (veh/hr).
- $f_{g,PTSF}$: factor de ajuste por pendiente por demoras (encontrado en el paso 5).
- $f_{HV,PTSF}$: factor de ajuste por vehículos pesados por demoras (calculado en el paso 5).

Para las carreteras de Clase I, se deben calcular ambas capacidades. El valor más bajo representa la capacidad. Para las carreteras de Clase II, solo se calcula la capacidad basada en PTSF. Para las carreteras de Clase III, solo se calcula la capacidad basada en ATS.

Otra característica de esta metodología debe tenerse en cuenta al evaluar la capacidad. Cuando la distribución direccional es distinta de 50/50 (en terreno llano y ondulado), la capacidad bidireccional implícita en cada capacidad direccional puede ser diferente. Además, la capacidad bidireccional implícita de una o ambas direcciones puede superar el límite de 3200 pc / h. En tales casos, las capacidades direccionales estimadas no son alcanzables con la distribución direccional establecida. Si este es el caso, entonces la capacidad base se restringe a 1700 pc / h en la dirección con el flujo más pesado, y la capacidad en la dirección opuesta se encuentra utilizando la proporción de flujo opuesta, con un límite superior de 1,500 pc / h.

Para la determinación de la capacidad en la dirección de análisis, en la estación sur se aplica un límite máximo en la capacidad de 1700 veh/hr debido a la división direccional de 50/50.

$$C_{dATS_{Norte}} = 1700 \text{ veh/hr} * 1.00 * 0.99 = 1681 \text{ veh/hr}$$

$$C_{dATS_{Sur}} = 1700 \text{ veh/hr} * 1.00 * 0.99 = 1681 \text{ veh/hr}$$

Tabla 116

Resumen de cálculo de capacidad ATS_d .

Estación	Capacidad	$f_{g,ATS}$	$f_{HV,ATS}$	$C_{d,ATS}$
Estación Norte	1700	1.00	0.99	1681
Estación Sur	1700	1.00	0.99	1681

Fuente: Elaboración propia.

$$C_{dPTSF_{Norte}} = 1700 \text{ veh/hr} * 1 * 1 = 1700 \text{ veh/hr}$$

$$C_{dPTSF_{Sur}} = 1700 \text{ veh/hr} * 1 * 1 = 1700 \text{ veh/hr}$$

Tabla 117

Resumen de cálculo de capacidad $PTSF_d$.

Estación	Capacidad	$f_{g,PTSF}$	$f_{HV,PTSF}$	$C_{d,PTSF}$
Estación norte	1700	1.00	1.00	1700
Estación sur	1700	1.00	1.00	1700

Fuente: Elaboración propia.

La división direccional en este punto es de 50/50 por lo tanto la capacidad será igual en ambas direcciones:

$$C_{dPTSF_{Sur}} = C_{oPTSF_{Sur}} = 1700 \text{ veh/hr}$$

Para la determinación de la capacidad en la dirección opuesta de análisis, en la estación norte se aplica un límite máximo en la capacidad de 1700 veh/hr debido a la división direccional de 60/40.

$$CTO = \frac{1700 \text{ veh/hr}}{60\%} * 40\% = 1330 \text{ veh/hr}$$

$$C_{OATS_{Norte}} = 1330 \text{ veh/hr} * 1.00 * 0.99 = 1316 \text{ veh/hr}$$

$$C_{OATS_{Sur}} = 1700 \text{ veh/hr} * 1.00 * 0.99 = 1681 \text{ veh/hr}$$

Tabla 118

Resumen de cálculo de capacidad ATS_d .

Estación	Capacidad	$f_{g,ATS}$	$f_{HV,ATS}$	$C_{O,ATS}$
Estación Norte	1330	1.00	0.99	1316
Estación Sur	1700	1.00	0.99	1681

Fuente: Elaboración propia.

$$C_{OPTSF_{Norte}} = 1330 \text{ veh/hr} * 1 * 1 = 1330 \text{ veh/hr}$$

$$C_{OPTSF_{Sur}} = 1700 \text{ veh/hr} * 1 * 1 = 1700 \text{ veh/hr}$$

Tabla 119

Resumen de cálculo de capacidad $PTSF_d$.

Estación	Capacidad	$f_{g,PTSF}$	$f_{HV,PTSF}$	$C_{O,PTSF}$
Estación norte	1330	1.00	1.00	1330
Estación sur	1700	1.00	1.00	1700

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad direccional de la estación norte en la dirección de análisis es de 1700 veh/hr en el sentido más pesado, por la división direccional 60/40, la capacidad bidireccional es de $1700 \text{ veh/hr} + 1330 \text{ veh/hr} = 3030 \text{ veh/hr}$, lo cual no excede la capacidad de 3200 veh/hr (según el manual HCM 2010), por ende, la capacidad direccional se puede lograr con una distribución direccional 60/40.

En términos de las condiciones prevacientes la capacidad del tramo en la estación norte es:

$$CTd \text{ norte} = (3200 \text{ veh/hr} * 1 * 1) * 60\% = 1920 \text{ veh/hr}$$

$$CTo \text{ norte} = (3200 \text{ veh/hr} * 1 * 1) * 40\% = 1280 \text{ veh/hr}$$

Este valor incluye la división direccional de 60/40 la cual implica una capacidad direccional de 1920 veh/hr y 1280 veh/hr . Se espera que el segmento de carretera de dos carriles como se describe opere regular dentro del nivel E. La demanda es de:

$$Capacidad_{Estacion} = \frac{v_i,PTSF}{CT_i} * 100 \quad \text{Ecuación 33}$$

$$Capacidad_{Norte} = \frac{v_d,PTSF}{CTd} = \frac{762 \text{ veh/hr}}{1920 \text{ veh/hr}} * 100 = 39.68\%$$

$$Capacidad_{Norte} = \frac{v_o, PTSF}{CTo} = \frac{508 \text{ veh/hr}}{1280 \text{ veh/hr}} * 100 = 39.68\%$$

La capacidad direccional de la estación sur en la dirección de análisis es de 1700 veh/hr , por la división direccional 50/50, la capacidad bidireccional es de $1700 \text{ veh/hr} + 1700 \text{ veh/hr} = 3400 \text{ veh/hr}$, lo cual excede la capacidad de 3200 veh/hr (según el manual HCM 2010), por ende, la capacidad direccional no se puede lograr con una distribución direccional 60/40.

En términos de las condiciones prevalecientes la capacidad del tramo en la estación sur es:

$$CTd = (3200 \text{ veh/hr} * 1 * 1) * 50\% = 1600 \text{ veh/hr}$$

$$CTo = (3200 \text{ veh/hr} * 1 * 1) * 50\% = 1600 \text{ veh/hr}$$

este valor incluye la división direccional de 50/50 la cual implica una capacidad direccional de 1600 veh/hr . Se espera que el segmento de carretera de dos carriles como se describe opere regular dentro del nivel E. La demanda es de:

$$Capacidad_{sur} = \frac{v_d, PTSF}{CTd} = \frac{600 \text{ veh/hr}}{1600 \text{ veh/hr}} * 100 = 37.5\%$$

$$Capacidad_{sur} = \frac{v_o, PTSF}{CTo} = \frac{600 \text{ veh/hr}}{1600 \text{ veh/hr}} * 100 = 37.5\%$$

Habiendo procedido a calcular el nivel de servicio y la capacidad en ambas direcciones en cada tramo se procede a reflejar los resultados en las tablas siguientes:

Tabla 120

Resumen de los cálculos realizados en la dirección de análisis.

Datos	Estación	
	Norte	Sur
Velocidad de flujo libre FFS	31.5	31.5
Flujo vehicular ATS $v_{d,ATS}$	771	607
Velocidad ATS ATS	19.78	20.69
Flujo vehicular PTSF $v_{d,PTSF}$	762	600
Porcentaje de demoras siguiendo otro vehiculo $PTSF$	81.88%	73.77%
Nivel de servicio NS	E	E
Capacidad $C_{d,ATS}$	1680.6	1680.7
Capacidad $C_{d,PTSF}$	1700	1700
Capacidad	39.67%	37.50%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 121

Resumen de los cálculos realizados en la dirección opuesta de análisis.

Datos	Estación	
	Norte	Sur
Velocidad de flujo libre FFS	31.5	31.5
Flujo vehicular ATS $v_{o,ATS}$	520	607
Velocidad ATS ATS	20.67	20.69
Volumen PTSF $v_{o,PTSF}$	508	600
Porcentaje de demoras siguiendo otro vehiculo $PTSF$	65.69%	73.77%
Nivel de servicio NS	E	E
Capacidad $C_{o,ATS}$	1298	1681
Capacidad $C_{o,PTSF}$	1330	1700
Capacidad	39.67%	37.50%

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Propuestas técnicas

3.5.1 Introducción

Una propuesta técnica es un documento escrito que describe toda la información que necesitan saber las partes interesadas acerca de un proyecto, incluido el cronograma, el presupuesto, los objetivos y las metas. (ASANA, 2024).

Al inspeccionar el estado físico general del tramo en estudio, así como todos los elementos de seguridad vial que lo componen se visualizó ciertas necesidades y carencias que se considera de gran importancia resolver prontamente, es así que a continuación se presenta la propuesta técnica a aplicarse en el tramo por las autoridades correspondientes. La siguiente propuesta solamente contiene las actividades a realizar sin entrar mucho en detalle acerca de su viabilidad, presupuesto, plan de trabajo y otros factores a considerar, ya que estos requieren de un estudio más profundo y detallado.

3.5.2 Actividades propuestas

- Al inspeccionar el estado general de la carpetea asfáltica se observó en algunas secciones la existencia de baches, grietas y piel de cocodrilo, se propone un recarpeteo asfáltico desde la estación 21+000 hasta 21+950, en ambas bandas, debido a que esta sección es la que presenta mayor cantidad de baches y grietas.
- Bacheo en todos los huecos y baches existentes en la vía para así evitar el mayor deterioro de la misma y también los posibles daños a los vehículos que circulan en esta.
- Demarcación de todas las señales horizontales en estado regular y malo con pintura termoplástica, especialmente en las líneas de borde y de centro las cuales se encuentran desgastadas y poco visibles. En la Tabla 122 se presenta la propuesta de demarcación de señales horizontales correspondiente a los estacionamientos.

Tabla 122

Propuesta de pintura en señales horizontales.

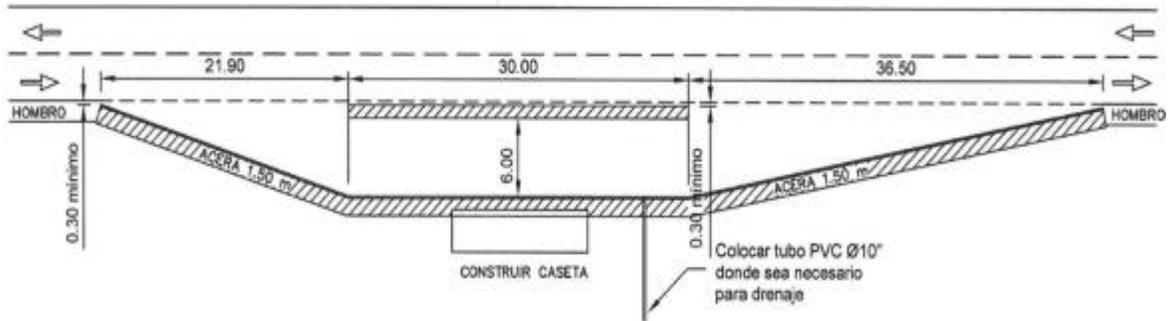
Estación	Banda Izquierda	Banda Derecha
21+860.6	Flechas direccionales	
22+141	Zona escolar	
22+265.4	Flechas direccionales	
22+333	Flechas direccionales	
22+527.9	Zona escolar	
22+715.1	Paso Peatonal	
22+734.2		Paso Peatonal
22+978		Zona escolar
23+047	Zona escolar	
23+066.4		Flechas direccionales
23+177	Flechas direccionales	
23+265		Flechas direccionales
23+488.4	Flechas direccionales	
23+528		Flechas direccionales
24+366.45		Flechas direccionales
24+472.8	Flechas direccionales	
24+508		Flechas direccionales
24+625.3	Paso Peatonal	
24+727.8	Flechas direccionales	
24+871	Paso Peatonal	
24+906.7	Ceda el paso	
25+408.7	Flechas direccionales	
25+459	Ceda el paso	
25+472.4	Flechas direccionales	
25+474.4		Alto
25+515.3		Flechas direccionales
25+515.3	Flechas direccionales	
25+965.2	Flechas direccionales	

Fuente: Elaboración propia.

- Ampliar las bahías de buses de las Estaciones 22+475.7, 23+236, 23+240, 23+760, 23+845 y 25+125, utilizando el estándar mínimo una bahía para dos buses con separador, cuyas dimensiones se presentan en el Gráfico 27.

Gráfico 27

Bahía típica de parada (2 buses) con separador.



Fuente: Elaboración propia.

- Realizar mantenimiento y reemplazo de señales verticales en regular y mal estado, instalación de señal de alto (R-1-1) en los accesos de calles secundarias al tramo de estudio ya que se apreció que dichas señales son inexistentes y no cumplen las necesidades técnicas según el Manual Centroamericano de seguridad vial. En la Tabla 123 se presenta la propuesta con respecto a las señales verticales.

Tabla 123

Propuesta de señales verticales.

Estación	Código	Ubicación		Descripción	Propuesta
		Izq.	Der.		
21+214.02	R-1-1	X		Alto	Instalación
21+240	R-1-1		X	Alto	Instalación
21+311.95	R-1-1	X	X	Alto	Instalación
21+459.88	R-1-1	X	X	Alto	Instalación
21+467.05	R-1-1		X	Alto	Instalación
21+610	R-1-1		X	Alto	Mantenimiento
21+619	P-12-4 ^a		X	Puente	Cambio
21+637.5	R-1-1	X	X	Alto	Instalación
21+654	R-1-1		X	Alto	Instalación
21+721.88	R-1-1		X	Alto	Instalación
21+768.24	R-1-1		X	Alto	Instalación
21+780.59	R-1-1	X		Alto	Instalación
21+955	R-1-2, R-15-9		X	Ceda el paso	Cambio

Estación	Código	Ubicación		Descripción	Propuesta
		Izq.	Der.		
21+988.6	R-1-1		X	Alto	Instalación
22+040	ID-1-5	X		Destino	Cambio
22+109.8	R-1-1	X	X	Alto	Instalación
22+130	R-1-1	X		Alto	Mantenimiento
22+261.02	R-1-1	X		Alto	Instalación
22+321.91	R-1-1	X		Alto	Instalación
22+406.21	R-1-1		X	Alto	Instalación
22+530.94	R-1-1		X	Alto	Instalación
22+669.67	R-1-1		X	Alto	Instalación
22+815.40	R-1-1		X	Alto	Instalación
22+877	R-6-1	X		Mantenga su derecha	Mantenimiento
22+955.27	R-1-1	X	X	Alto	Instalación
23+088.78	R-1-1		X	Alto	Instalación
23+147.61	R-1-1			Alto	Instalación
23+255.9	R-10-1		X	Parada de buses	Mantenimiento
23+275	R-10-1	X		Parada de buses	Mantenimiento
23+371.37	R-1-1	X	X	Alto	Instalación
23+463	P-12-4 ^a		X	Puente	Mantenimiento
23+574.19	R-1-1	X		Alto	Instalación
23+700	R-1-1		X	Alto	Instalación
23+852.39	R-1-1	X		Alto	Instalación
23+864.30	R-1-1		X	Alto	Instalación
23+963.72	R-1-1	X		Alto	Instalación
24+026.73	R-1-1	X		Alto	Instalación
24+068.4	R-2-1	X		Ceda el paso	Mantenimiento
24+090.85	R-1-1	X		Alto	Instalación
24+133.8	P-9-10		X	Ciclo vía	Mantenimiento
24+370	R-1-1	X		Alto	Instalación
24+674.54	R-1-1	X	X	Alto	Instalación
25+115.79	R-1-1	X		Alto	Instalación
25+281.14	R-1-1		X	Alto	Instalación
25+516	R-1-1		X	Alto	Instalación
25+617.67	R-1-1		X	Alto	Instalación
25+731.53	R-1-1		X	Alto	Instalación
25+924.64	R-1-1		X	Alto	Instalación

Fuente: Elaboración propia, (Izquierda: Masaya-Tipitapa, Derecha: Tipitapa-Masaya)

3.6 Conclusiones

- 1) En el estudio de accidentalidad basado en los datos proporcionados por la Dirección de tránsito de la Policía Nacional se ha identificado 11 puntos críticos en todo el tramo en los cuales ocurrieron 3 o más accidentes en un periodo mínimo de 3 años consecutivos tomando en cuenta el periodo de este estudio que comprende desde el 2018 hasta el 2022, los puntos son los siguientes:
 - Km 21 Carretera Tipitapa a Masaya
 - Empalme Tipitapa-Masaya. (estación 21+780) □
 - Intersección entrada a la modelo. (estación 22+189)
 - Monumento Pedro Arauz Palacios. (estación 23+000)
 - Intersección colegio Gaspar García. (estación 23+280)
 - KM 25 Carretera Tipitapa a Masaya
 - Policía Distrito 8
 - Intercepción Billares Mairena
 - KM 23 Carretera Tipitapa Masaya
 - km 23 1/2 Carretera Tipitapa Masaya
 - KM 24 Carretera Tipitapa Masaya

- 2) En términos generales la NIC-11A se encuentra en regulares condiciones, tomando en cuenta todos los factores mencionados en este capítulo, si bien hay muestras de que ha habido mantenimiento recientemente en algunos elementos de la vía como en las señales verticales, en otros apartados se observó que no se le ha dado el seguimiento debido de parte de las autoridades como es el caso del estado de la carpeta de rodadura lo que podría representar un riesgo potencial en los niveles de accidentalidad del tramo, notándose daños leves que se han incrementado debido al largo tiempo sin el debido mantenimiento. Por otro lado, el drenaje se constató que hay basura y sedimento acumulado, así como aguas negras circulando por el sistema de drenaje pluvial del tramo.

- 3) La velocidad promedio del tramo tanto en la dirección Tipitapa-Masaya como en la dirección opuesta Masaya-Tipitapa es de 58.36 km/hr y 56.62 km/hr respectivamente, debido a que más del 80% de las veces los conductores de los automotores irrespetan el límite de velocidad el cual está establecida en 45 kph, para el camino por donde circulan, lo cual puede desencadenar un aumento de la peligrosidad del tramo.

- 4) El Nivel de servicio se calculó para las dos estaciones de aforo del tramo en estudio dando como resultado: en las estaciones norte y sur, un nivel de servicio "E" para ambas direcciones y en ambas estaciones. La capacidad del tramo es óptima, puesto que después de seguir la metodología del HCM-2010 se encontró que tanto en la estación norte y la estación sur en el empalme de Tipitapa es del 39.67% en la estación norte en ambos sentidos de análisis y 37.50% en la estación sur en ambos sentidos de análisis.

3.7 Recomendaciones

- Se recomienda que la alcaldía municipal del municipio de Tipitapa realice limpieza periódica de los drenajes en la vía, preferiblemente antes y después del invierno, para así evitar problemas de inundaciones y daño prematuro del sistema de alcantarillado pluvial.
- El Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV) debe realizar inspecciones constantes al estado del pavimento para así identificar si hay daños y el nivel en que se encuentran para hacer un mantenimiento oportuno.
- Realizar una campaña de concientización de parte de la policía nacional de tránsito a los peatones y conductores que circular por el tramo, con el tema de seguridad vial para así disminuir la cantidad de accidentes.
- Que se realice un estudio o una monografía en la que se aborde el tema de una construcción de una rotonda o un paso a desnivel en el empalme de Tipitapa.
- Que se garantice la presencia de agentes policiales de tránsito e IRTRAMA de manera permanente para verificar el uso adecuado de las bahías nuevas y existentes.

BIBLIOGRAFIA

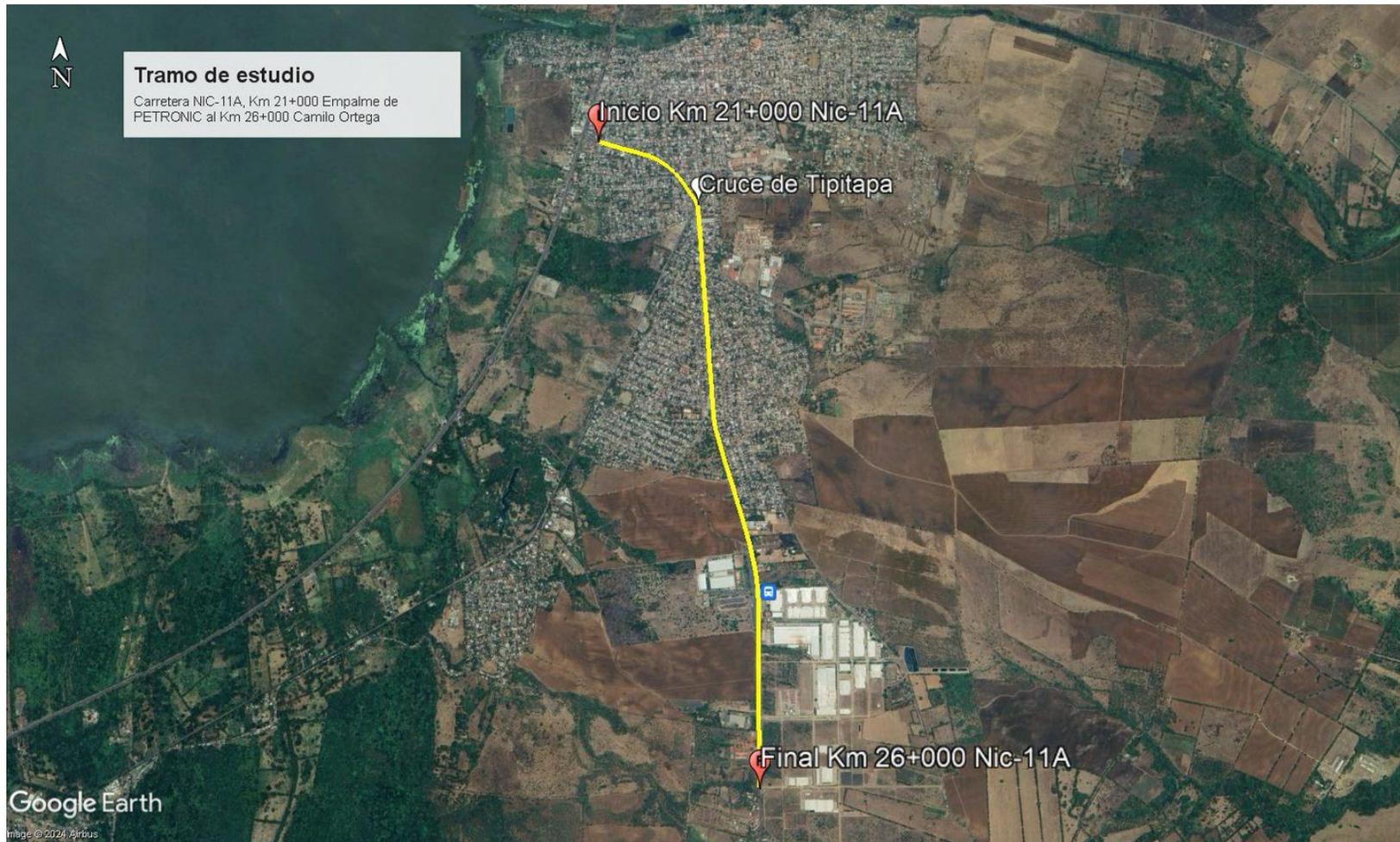
- ASANA. (2024 de Marzo de 2024). *asana*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/project-proposal>
- Cal y Mayor Reytez Espindola, R., & y Cardenas Grisales, J. (2018). *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones*. (9na. ed.). Alfaomega.
- Cal, R., & Cárdenas Giraes, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito y Aplicaciones*. Mexico City: Alfa y Omega.
- Chow, V. T. (2004). *Hidraulica de canales abiertos*. Bogotá, Colombia.: Nomos S.A.
- Diferencias entre puntos negros y tramos riesgo*. (25 de 11 de 2023). Obtenido de RACE: <https://www.race.es/diferencia-puntos-negros-tramos-concentracion-accidentes-y-eurorap>.
- Google Earth*. (01 de 2023). Obtenido de https://earth.google.com/earth/d/1mOuXrsu_EfVKna5V3G006irVLw0GQ8J9?usp=sharing
- INETER. (2020). *Instituto de Estudios Territoriales*. Obtenido de <https://www.ineter.gob.ni/geoportales/atlasnacionalsuelo/index.html>
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2020). *Red Vial de Nicaragua*. Managua: División General de Planificación.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Inventarios Viales*. Lima, Perú: Boletín Oficial El Peruano.
- Moreno, B. (25 de Mayo de 2016). *eadic*. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/estudio-de-transito-impactos-resultados-y-herramientas/>
- MTI. (2008). *MANUAL PARA REVISION ESTUDIOS HIDROTÉCNICOS DE DRENAJE MENOR*. Managua: CORASCO.

- MTI. (2020). Anuario de Aforos 2020. En D. d. MTI, *Anuario de Aforos 2020* (pág. 12). Managua: División General de Planificación.
- MTI. (2020). *RED VIAL DE NICARAGUA*. MANAGUA: División General de Infraestructura.
- Policia Nacional. (2022). *Ley No 431: Ley para el Régimen de circulación Vehicular e infracciones de Tránsito*. Managua: SENICSA.
- SIECA. (2010). *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque en gestión de riesgo y seguridad vial*. Guatemala: AECID.
- SIECA. (2011). *MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA DEL DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS CON ENFOQUE DE GESTION DE RIESGO Y SEGURIDAD VIAL*. Ciudad de Guatemala: Aecid.
- SIECA. (2014). *MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA EL CONTROL DEL TRANSITO*. Ciudad de Guatemala: Aecid.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. (2010). *HIGHWAY CAPACITY MANUAL*. WASHINGTON D.C.

ANEXOS

Gráfico 28

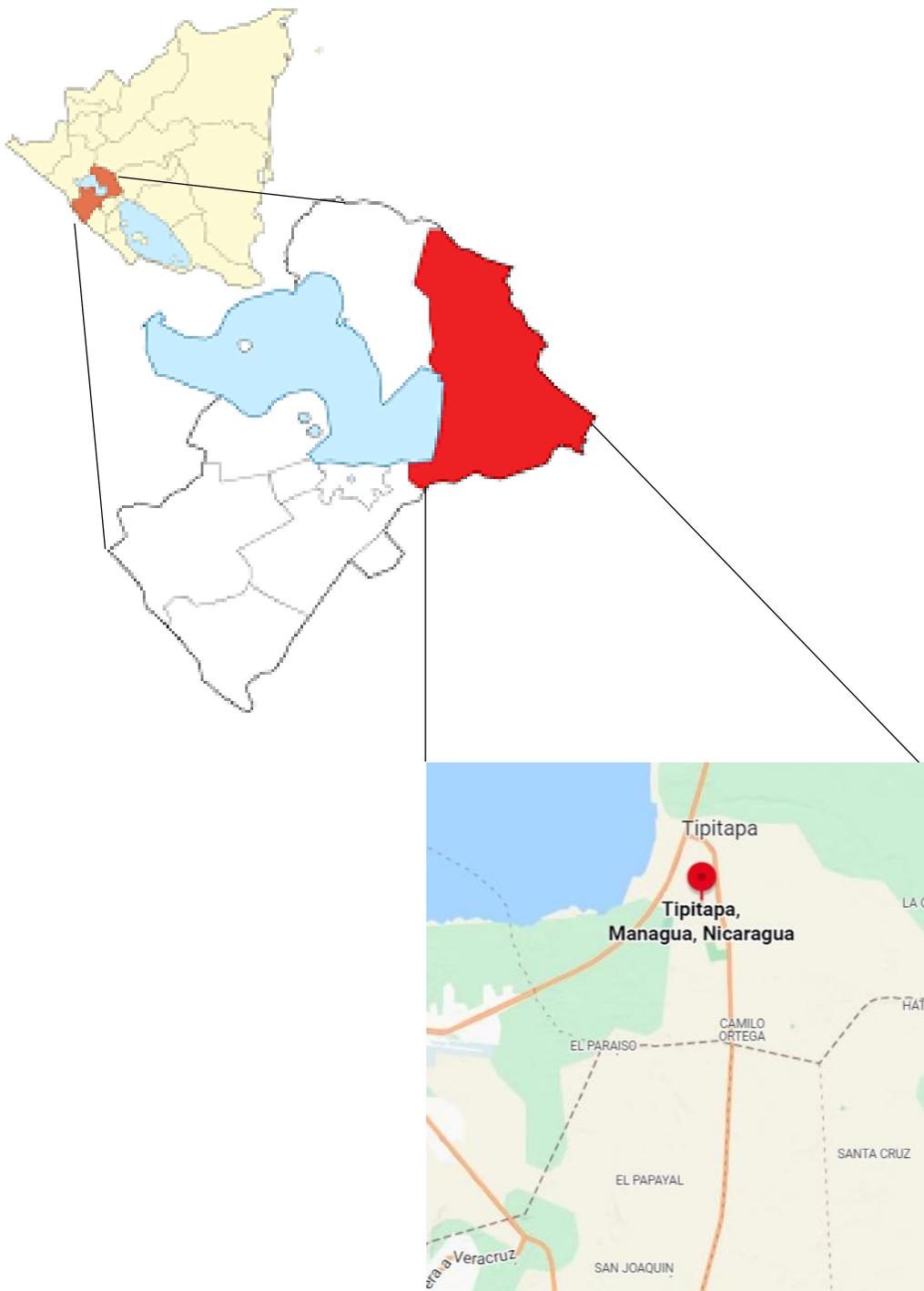
Micro localización del tramo



Fuente: (Google Earth, 2023) https://earth.google.com/earth/d/1mOuXrsu_EfVKna5V3GO06irVLw0GQ8J9?usp=sharingarth

Gráfico 29

Macro localización del tramo



Fuente: Microsoft
<https://www.bing.com/search?pglt=675&q=mapa+de+tipitapa&cvid=dc7aed92c96747aaa05e7241224b922e&aqs=edge.0.0.6242j0j1&FORM=ANNTA1&PC=HCTS>

Gráfico 30

Comienzo del tramo Km 21+000



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 31

Vista aérea del empalme Tipitapa Km21+800



Fuente: Elaboración propia empleando el uso de Google Earth.

Gráfico 32

Cruce de Tipitapa km 21+800



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 33

Cruce de Tipitapa km 21+700



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 34

Casco urbano de Tipitapa estación 22+700



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 35

Cementerio sur de Tipitapa



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 36

Estación de buses del parque industrial Tipitapa.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 37

Sistema penitenciario integral de mujeres Km 24+860



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 38

Final del tramo Km 26+000



Fuente: Elaboración propia

- Enlace a los anexos de la monografía.

La presente monografía se extendió considerablemente debido a la amplitud de los objetivos planteados, así como la complejidad de la misma por ende se presentarán los [ANEXOS](#) en línea:

https://1drv.ms/f/c/edac557231fa5acd/Ek-lqgod2ZIAuFQNPUeU4oQB8_HHqbNcuT5JO6ZIJmQNpA?e=MirC2N