

ESTUDIO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL PERFIL DE
VELOCIDADES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL
TRAYECTO PASTO – CHACHAGÜI (AEROPUERTO) km 5+000 (SECTOR
CHAPULTEPEC) – km 19+000 (SECTOR PALMA ALTO) MEDIANTE LA
UTILIZACIÓN DE RADAR

MARÍA XIMENA MORA GUERRERO
DIEGO ARMANDO RAMIREZ YEPEZ.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2016

ESTUDIO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL PERFIL DE
VELOCIDADES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL
TRAYECTO PASTO – CHACHAGÜI (AEROPUERTO) km 5+000 (SECTOR
CHAPULTEPEC) – KM 19+000 (SECTOR PALMA ALTO) MEDIANTE LA
UTILIZACIÓN DE RADAR

MARÍA XIMENA MORA GUERRERO
DIEGO ARMANDO RAMIREZ YEPEZ.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Civil.

Director
M.Sc. JORGE LUIS ARGOTY B.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2016

NOTA DE RESPONSABILIDAD.

“Las ideas y conclusiones aportadas en el Trabajo de Grado, son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1 del acuerdo N°. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”

Artículo 13 del acuerdo N°. 005 de enero 26 de 2010, emanado por el Honorable Consejo Académico de la Universidad de Nariño”.

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, octubre de 2016

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a nuestro Director de trabajo de Grado **ING. M.SC. JORGE LUIS ARGOTY B.** por su ayuda en la realización del presente trabajo, por compartirnos sus conocimientos, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua en el desarrollo del mismo y sobre todo por su amabilidad, paciencia y buena disposición para con nosotros.

De la misma forma hacemos extensivo nuestro agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería que fueron nuestros jurados a quienes agradecemos su buena voluntad en la aprobación y revisión de este trabajo, **ING. LUIS ARMANDO MERINO** e **ING. GUILLERMO MUÑOZ RICAURTE.**

A la Universidad de Nariño y en especial a la Facultad de Ingeniería, por haber permitido formarnos en ella y gracias a todas las personas: docentes y personal administrativo que con sus servicios prestados fueron partícipes de este proceso.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla con base en una metodología que permite, mediante la medición de velocidades puntuales en curvas y tangentes, elaborar un análisis comparativo a fin de obtener la consistencia de una de las vías más importantes en nuestro departamento.

El tramo objeto de estudio hace parte de la vía conocida como Ruta 25-2 (Pasto – Chachagüi) entre los sectores de Chapultepec (K5+000) y Palma Alto (K19+000) es decir un total de 14 km, se escogió el método de medición de velocidades puntuales por medio de medidas directas con pistolas de radar, cuyo funcionamiento se basa en el principio Doopler, paralelamente se determinó la población de estudio y la muestra a ser analizada, determinando que los vehículos por analizar fueron Autos, Buses y Camiones (C2P y C2G).

Los criterios adoptados para la evaluación de la consistencia se basaron en la evaluación de la velocidad de operación que generalmente se identifica con el percentil 85 de la distribución de velocidades obtenidas de vehículos circulando en condiciones de flujo libre en un tramo de carretera, para ello se usaron los criterios I y II propuestos por Lamm, que son la comparación entre velocidad de diseño y la de operación, y la comparación entre velocidades de operación de elementos consecutivos del trazado respectivamente.

Teniendo en cuenta que no se disponía de las velocidades de diseño de la vía, fue necesario, a partir de los radios de las curvas y sus valores de peralte máximo (medidos en campo), determinar estas velocidades como Velocidades específicas de diseño de cada elemento.

Se realizaron las mediciones de Velocidad de Operación, previamente habiendo hecho un recorrido de inspección e identificación de cada elemento. Las mediciones se realizaron en días ordinarios, exceptuando domingos, festivos y días sin condiciones favorables de clima.

Una vez recopilada la información en campo, se procede a sistematizar y analizar mediante análisis estadístico, la información obteniendo la velocidad de operación de cada elemento para cada tipo de vehículo y para cada sentido de flujo, a fin de elaborar los perfiles de velocidad, con los cuales se contrastan las velocidades de diseño con las de operación y por otro lado se hace la evaluación de la consistencia del tramo.

PALABRAS CLAVE: VELOCIDAD DE OPERACIÓN, VELOCIDAD DE DISEÑO, PERFIL DE VELOCIDADES, CONSISTENCIA.

ABSTRACT

The present work is developed based on a methodology that allows, through the measurement of punctual speed at curves and tangents, to do a comparative analysis to obtain the consistency of one of the most important roads in our department.

The section object of study does part of the Route 25-2 (Pasto – Chachagüi) between the Chapultepec (K5+000) and Palma Alto (K19+000) Sectors, in other words a total of 14 km, we chose the Punctual speed measure method by direct measurements with radar speed gun, that their function is based on the Doppler Effect, at the same time the population of study and the sample was determinate, determining that the vehicles to analyze was, Cars, Buses, and trucks (C2P and C2G)

The adopted criteria for evaluation of the consistence was based on the evaluation of the operation speed that usual identifies with the 85th percentile of speed distribution obtained from vehicles running in free flow conditions on a part of the road, for this is used the criteria I and II proposed by Lamm, those are the comparison between design speed and operation speed, and the comparison between operation speed of consecutive elements of road respectively.

Meanwhile, did not have the design speeds of the road, it was necessary using the curve radii, and their maximum cant values (taken in camp), to determinate those speeds like Specific Design speed of each element.

The next step was to do the measurements of operation speed, previously making a route of inspection and identifying of each element. The measurements were made at ordinary days exclude Sundays, holydays and days without favorable weather conditions.

Once the information has been gathered at camp, you proceed to system and analyze with statistical analysis the information, obtaining the operation speed for each element each vehicle type for each flow way, to make the speed profiles, with those are used to contrast the design speed with the operation speed, by other side the evaluation of the consistent of route

KEY WORDS: Operation Speed, Design Speed, Speed Profile, Consistency.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO REFERENCIAL.....	20
1.1. MARCO GEOGRÁFICO.....	20
1.2. MARCO TEÓRICO.....	20
1.2.1. Definición de velocidad.....	20
1.2.2. Estudio de las velocidades en el sitio.....	21
1.2.3. Métodos para realizar estudios de velocidad en sitio..	22
1.3. MARCO DE ANTECEDENTES.....	23
1.4. MARCO LEGAL.....	24
2. METODOLOGÍA.....	25
2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE.....	25
2.2. INSPECCIÓN VISUAL Y FOTOGRAFICA DE LOS ELEMENTOS.....	26
2.3. DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES ESPECIFICAS DE ELEMENTOS.....	27
2.4. DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE LOS ELEMENTOS	28
2.4.1. Determinación del tipo de vehículos que conforman la población de estudio.:	28
2.4.2. Determinación del tamaño de la muestra..	28
2.4.3. Personal y equipo a utilizar.....	30
2.4.4. Ubicación para determinación de velocidades de operación.....	31
2.4.5. Toma de datos en campo.....	33
2.4.6. Formato para la captura de información en campo.....	33
2.4.7. Calculo de velocidad de operación.....	35
2.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA.....	35
2.5.1. Elaboración de perfiles de velocidad.....	35
2.5.2. Evaluación de la consistencia mediante los criterios de Lamm.:	35
2.6. ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	37
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL TRAMO DE ESTUDIO.....	37
3.2. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE DISEÑO.....	40
3.2.1. Velocidad de curvas horizontales VCH.....	41

3.2.2. Velocidad específica de entretangencias horizontales..	41
3.2.3. Velocidad de tramo.	44
3.3. VELOCIDAD DE OPERACIÓN (DETERMINACIÓN DE PERCENTIL 85)	45
3.4. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA	52
3.4.1. Perfiles de velocidad.	52
3.4.2. Evaluación de la consistencia	59
3.5. ANÁLISIS DEL RESULTADOS	69
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 COMPOSICION DE TRANSITO AÑOS 2010-2011	25
Tabla 2 DESVIACIONES NORMALES DE VELOCIDADES DE PUNTO	29
Tabla 3 CONSTANTE CORRESPONDIENTE AL NIVEL DE CONFIABILIDAD	29
Tabla 4 CRITERIOS DE CONSISTENCIA DE LAMM	36
Tabla 5 CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL TRAMO DE ESTUDIO.	37
Tabla 6 RADIOS DE CURVATURA EN FUNCION DE LA VCH Y PERALTE	41
Tabla 7 ASIGNACION DE VELOCIDADES ESPECIFICAS DE DISEÑO.....	42
Tabla 8 VALORES DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO (VTR)	44
Tabla 9 MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN PARA EL ELEMENTO NO. 1. ..	45
Tabla 10 FRECUENCIAS DE AUTOS EN SENTIDO SUR-NORTE ELEMENTO NO. 2 .	46
Tabla 11 FRECUENCIAS DE BUSES EN SENTIDO SUR-NORTE ELEMENTO NO. 2...	46
Tabla 12 FRECUENCIAS DE CAMIONES SENTIDO SUR-NORTE ELEMENTO NO. 2..	47
Tabla 13 VELOCIDADES DE OPERACIÓN	47
Tabla 14 CRITERIOS PARA EVALUAR EL NIVEL DE CONSISTENCIA.....	60
Tabla 15 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA CRITERIOS DE LAMM SUR-NORTE.....	61
Tabla 16 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA CRITERIOS DE LAMM NORTE - SUR.....	65
Tabla 17 RESUMEN PUNTOS DE INCONSISTENCIA SENTIDO SUR - NORTE	69
Tabla 18 RESUMEN PUNTOS DE INCONSISTENCIA SENTIDO NORTE - SUR	70
Tabla 19 VEHICULOS según CADA CRITERIO, SENTIDO SUR - NORTE	73
Tabla 20 VEHICULOS según CADA CRITERIO, SENTIDO NORTE - SUR	73

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1 SECTOR CHAPULTEPEC – PARQUE CHIMAYOY SUR – NORTE.....	53
Gráfico 2 SECTOR PARQUE CHIMAYOY – PEAJE DAZA SUR – NORTE	54
Gráfico 3 SECTOR PEAJE DAZA – PALMA ALTO SUR – NORTE	55
Gráfico 4 SECTOR PALMA ALTO - PEAJE DAZA NORTE - SUR.....	56
Gráfico 5 SECTOR PEAJE DAZA - PARQUE CHIMAYOY NORTE - SUR	57
Gráfico 6 SECTOR PARQUE CHIMAYOY - CHAPULTEPEC NORTE - SUR	58
Gráfico 7 RESUMEN CONSISTENCIA PRIMER CRITERIO SUR-NORTE	71
Gráfico 8 RESUMEN CONSISTENCIA SEGUNDO CRITERIO SUR-NORTE	71
Gráfico 9 RESUMEN CONSISTENCIA PRIMER CRITERIO NORTE - SUR	72
Gráfico 10 RESUMEN CONSISTENCIA SEGUNDO CRITERIO NORTE - SUR.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1 ESQUEMA VIA PASTO - CHACHAGUI	26
Figura. 2 MEDICION DE PERALTE MAXIMO EN CURVAS.....	27
Figura. 3 PISTOLA RADAR BUSHNELL.....	30
Figura. 4 ESQUEMA DE MEDICION EN CURVA	31
Figura. 5 ESQUEMA DE MEDICION EN TANGENTE	32
Figura. 6 FORMATO DE CAMPO	34

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Planos Planta - Perfil de la vía Pasto Chachagüi.....	78
Anexo B. Hojas de Cálculo.....	79
Anexo C. Registro fotográfico.....	80

GLOSARIO

Calzada. Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos. Generalmente pavimentada o acondicionada con algún tipo de material de afirmado¹.

Carril. Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos².

Consistencia. La consistencia de una vía o una carretera se refiere al grado de adecuación que hay entre el comportamiento o la geometría de la misma y las expectativas que los conductores tienen de esta.

Curva horizontal. Es un elemento que hace parte del alineamiento horizontal, es un tramo que une dos tangentes horizontales.

Curva vertical. Es un elemento que hace parte del alineamiento en perfil, es un tramo que une dos tangentes verticales consecutivas y que ayuda a suavizar el cambio de pendiente de una tangente a otra.

Flujo libre. Avance de vehículos que no está impedido ni por acción vehicular ni de tránsito.

Nivel de servicio. Refleja las condiciones operativas del tránsito vehicular en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad, los deseos del usuario y la seguridad vial³.

Pendiente. Inclinación o relación entre la diferencia de niveles y la distancia horizontal entre dos puntos. En cuanto a carreteras se define dos tipos de pendientes: la pendiente longitudinal al eje de la vía y la pendiente transversal al eje de la vía.

Peralte. Inclinación transversal de la calzada en los tramos curvos de una carretera o vía que ayuda a contrarrestar el deslizamiento transversal de los vehículos.

¹INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Página Web. Glosario.

²Ibíd.

³Ibíd.

Percentil 85 de una distribución de velocidades. Es el percentil que generalmente se utiliza para evaluar la velocidad de operación en una vía. Se obtiene de una distribución de velocidades correspondientes a vehículos circulando en condiciones de flujo libre en un tramo de vía; en otras palabras, el percentil 85% corresponde a la velocidad que solo es superada por el 15% de dichos vehículos circulando a flujo libre.

Perfil de velocidad. Es una herramienta que se utiliza para la evaluación de la diferencia de velocidad de operación y la velocidad de diseño de un tramo de vía. Generalmente consiste en un diagrama de velocidades versus distancia, en el que se grafica velocidades de operación, velocidades de diseño, diferencia de velocidades entre elementos sucesivos de un tramo de vía y otros.

Pistola radar de velocidad. Es un instrumento utilizado para medir la velocidad de un blanco; funcionan bajo el principio Doppler. El equipo mide la diferencia entre la frecuencia de la señal transmitida y la de la señal reflejada, que luego es convertida a velocidad en millas por hora o kilómetros por hora.

Reductor de velocidad. Dispositivos que obligan a disminuir la velocidad de los conductores. Son dispositivos colocados sobre la superficie de rodadura cuya finalidad es la de mantener unas velocidades de circulación reducidas a lo largo de ciertos tramos⁴.

Señalización horizontal. Elemento señalizador colocado o pintado en el pavimento⁵.

Señalización vertical. Placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas⁶.

Tangente horizontal. Es un elemento que hace parte del alineamiento horizontal, es un tramo que une alineamientos de curvas.

Tangente vertical. Tramos rectos del eje del alineamiento vertical, los cuales están enlazados entre sí por curvas verticales⁷.

⁴ MERINO, Luis. Propuesta del modelo de evaluación para la inspección visual de los dispositivos de seguridad vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo vial ruta 2501 de la troncal de occidente desde el PR 5+000 al PR+83+000 sector Ipiales – Pasto. Glosario. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Pasto. Universidad de Nariño, 2010.

⁵ *Ibíd.*

⁶ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Pagina Web, Op. cit.

⁷ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Pagina Web, Op. cit.

Tramo homogéneo. Longitud del trazado de la carretera al que por las características topográficas se le asigna una determinada Velocidad de Diseño⁸.

Velocidad de diseño. Velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad⁹.

Velocidad de operación. Velocidad promedio que desarrollan el 85% de los usuarios en un tramo determinado de una vía¹⁰.

Velocidad específica. Es la velocidad con que se diseña en particular cada elemento de un tramo de vía, como mínimo esta velocidad corresponde a la velocidad de diseño del proyecto.

Vía. Zona de uso público o privado abierta y destinada al tránsito de vehículos, personas y/o animales¹¹.

⁸ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Pagina Web, Op. cit.

⁹ *Ibíd.*

¹⁰ *Ibíd.*

¹¹ *Ibíd.*

INTRODUCCIÓN

Una carretera debe lograr su objetivo de permitir la circulación de vehículos sin descuidar aspectos como lo son: la funcionalidad, la seguridad, la economía, la comodidad, la integración ambiental y la armonía o estética. Para ello, hay que lograr un diseño geométrico consistente, que disponga los elementos de la vía y sus características geométricas contribuyendo a minimizar las violaciones de las expectativas del conductor, percibiendo homogeneidad en el trazado, sin variación brusca en el nivel de atención necesario y así poder adaptarse a las condiciones geométricas cambiantes de la carretera. Para evaluar, por lo tanto, la consistencia de dicho diseño, se han desarrollado diferentes criterios y metodologías fuertemente relacionados con el nivel de siniestralidad que a su vez se basan en el análisis de las evoluciones de las velocidades de operación.

La velocidad es por lo tanto de vital valor para realizar cualquier tipo de estudios de tránsito ya que es un indicativo importante de la calidad de servicio que se proporciona al usuario de la vía, pues está en función de sus características físicas y el entorno. Además, siendo algunas de las principales características del tráfico que pueden estudiarse: la intensidad de circulación, velocidades y tiempo de recorrido de vehículos, origen y destino de los viajes, accidentes, etc.; se puede decir que la velocidad tiene la característica que todos los demás conceptos fundamentales están íntimamente ligados y relacionados con ella.

Debido a lo anteriores aspectos nace la necesidad de realizar este estudio de campo con el propósito de determinar las velocidades de operación en lugares específicos, localizados en la longitud media de cada alineación en particular y en cada curva del Trayecto Pasto – Chachagüi (Aeropuerto) km5+000 (Sector Chapultepec) – km 19+000 (Sector Palma Alto).

Para este estudio se determinaron puntos representativos en los alineamientos y curvas del trazado, estos puntos, ubicados donde no existía inconvenientes en el flujo vehicular y en ambos sentidos de marcha, luego se determinó la velocidad a un número de vehículos adecuado para cada categoría mediante el método del radar. Los estudios de velocidad en el sitio se realizaron cuando el tránsito estuvo fluyendo libremente durante las horas no pico. Las características de velocidad identificadas fueron válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento del estudio.

El estudio de velocidad se realizó para un tamaño suficiente de muestra en cada categoría (automóviles, buses y camiones tipo C2) de forma que los datos recolectados permitieron obtener la velocidad representativa del total de vehículos que circulan por la vía e inferir el límite de velocidad (percentil 85) empleado comúnmente en la mayoría de estudios de tránsito y la realización de análisis estadísticos. Entre mayor sea el tamaño de la muestra es mayor la probabilidad de que la media estimada no sea significativamente diferente de la media verdadera.

La importancia de este proyecto radica en las aplicaciones que este tipo de estudio infiere para la ingeniería de tránsito y transporte entre los cuales se encuentran los análisis de accidentalidad, el establecimiento de los elementos de diseño, planes de operación de tránsito, regulación y control, zonas con problemas de velocidad, estudio de flujos de tránsito y finalmente la asignación de velocidades de diseño para proyectos similares.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Obtener las velocidades de operación y analizar el perfil de velocidades del trayecto PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO) km 5+000 – km 19+000 mediante la utilización de radar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar las velocidades de diseño de cada elemento del tramo en estudio.
- Establecer las velocidades de operación para cada elemento constitutivo del tramo en mención.
- Comparar las velocidades de diseño con las velocidades de operación obtenidas.
- Analizar la consistencia basada en velocidad de operación de los elementos constitutivos del tramo.
- Donar los equipos empleados al Programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Nariño luego de la terminación del estudio.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. MARCO GEOGRÁFICO

La Ruta Nacional (25 o comúnmente llamada la Troncal de Occidente o Troncal Occidental Hace parte del corredor vial Nacional de Colombia que parte del Puente de Rumichaca en la Frontera con Ecuador y termina en la ciudad de Barranquilla. Es la principal Vía del Occidente del País y hasta el momento la única Vía que bordea el Pacífico¹².

La zona de interés está compuesta de un terreno montañoso en un 90% y el 10% restante se conforma por terreno ondulado y plano. La vía comunica a Colombia con el resto de los países de Suramérica, así como a Nariño con los otros departamentos del país¹³.

1.2. MARCO TEÓRICO.

1.2.1. Definición de velocidad. La velocidad es un factor básico para tener en cuenta en la concepción de vías tanto para el diseño geométrico de cada uno de los elementos de una nueva vía como para el restablecimiento de una ya existente. Se conceptualizan diferentes tipos de velocidades, entre ellas están:

Velocidad puntual: es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto de la carretera en un instante dado¹⁴.

Velocidad de diseño: según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 del Instituto Nacional de Vías se define la velocidad de diseño como “la velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad”¹⁵.

La velocidad de diseño corresponde a la mínima velocidad específica de los componentes de un tramo con el fin de lograr velocidad uniforme a lo largo del tramo de la vía teniendo en cuenta criterios como: clase de carretera, geografía, entorno, entre otros aspectos.

¹² Ministerio de Transporte Resolución 339 de 26 de febrero de 1999

¹³ Presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2005/octubre/31/11312005.htm

¹⁴ Diseño geométrico de vías. Universidad de Ibagué 2014

¹⁵ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual Diseño Geométrico de Carreteras. Glosario de términos, Op. Cit. p. 273.

Velocidad específica: la velocidad específica se define como la máxima velocidad que un conductor puede mantener al recorrer un elemento particular de un tramo de una vía, además con esta velocidad se diseñará el respectivo elemento.

Velocidad de operación: se considera que la velocidad de operación es aquella con la cual realmente circula un vehículo en la vía; o sea la velocidad cómoda y segura con la que se conduce sin que esté condicionada por algún factor que esté relacionado con el clima o el nivel de tránsito sino solamente por las características de los elementos de la vía y sus zonas cercanas.

La velocidad de operación se define como aquella correspondiente a la velocidad del percentil 85, que es la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos en condiciones de flujo libre y sin lluvia. Se puede obtener ordenando las velocidades de operación observadas de menor a mayor hasta alcanzar el 85% de la muestra. La velocidad que completa el 85% de las observaciones es la correspondiente al percentil 85.¹⁶

1.2.2. Estudio de las velocidades en el sitio. La velocidad es un parámetro esencial en el diseño de una vía; tiene implicaciones económicas, de seguridad, de tiempo y servicio para todos los usuarios de la vía. Los estudios de velocidad en el sitio se realizan para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico de una carretera¹⁷.

Para estos estudios se debe registrar la velocidad de un número suficiente de vehículos, de manera que se produzcan un muestreo que permita determinar una velocidad conveniente que cubra a la mayoría de conductores, usualmente el análisis se realiza con la determinación del percentil 85%.

¹⁶ Manual de Señalización de tránsito. Santiago de Chile. 2012.

¹⁷ GARBER, Nicholas; HOEL, Lester. Ingeniería de tránsito y de carreteras, operaciones de tránsito. México 2005. p. 68.

1.2.3. Métodos para realizar estudios de velocidad en sitio. Los métodos para realizar estudios de velocidades en sitio se clasifican dependiendo del tipo de datos que se obtienen o si son manuales o automáticos.

El cuaderno tecnológico de la PTC (Plataforma tecnológica española de la carretera) clasifica las metodologías según el tipo de datos que se obtienen así¹⁸:

- a) **Datos puntuales:** aquí se encuentra toma de datos puntuales de velocidad mediante pistola radar, pistola lidar o sensores piezoeléctricos que se colocan en el pavimento.
- b) **Datos continuos:** en algunas investigaciones se han utilizado para obtener datos continuos grabaciones de videos, teniendo en cuenta que es para tramos cortos; otra forma es el uso de la tecnología GPS que se equipa en vehículos que se maniobran con conductores voluntarios.

Garber (2005) clasifica las metodologías en manuales y automáticas haciendo referencia a las últimas ya que las manuales no son de uso común: ¹⁹

- a) **Métodos manuales.**
- b) **Métodos automáticos:** aquí se pueden clasificar los detectores de camino, medidores de principio Doppler (pistola radar), dispositivos electrónicos.

Medidores con el principio doppler Al transmitir una señal hacia un vehículo en movimiento, el cambio de frecuencia entre la señal transmitida y la señal reflejada es proporcional a la velocidad del vehículo en movimiento.

El equipo mide la diferencia entre la frecuencia de la señal transmitida y la de la señal reflejada, que luego es convertida a velocidad²⁰.

Algunos equipos que funcionan bajo el principio Doppler son las pistolas radar que son un transceptor de radio, envían una señal de radio, y luego recibe la misma señal que se ha reflejado en un blanco.

El funcionamiento del haz de radar es similar al haz de luz que se expande con la distancia a medida que la señal de origen se incrementa, y algunos reflejos del haz desde el objeto vuelven a la pistola.

La mayoría de las pistolas radar operan en las bandas X, K, Ka, banda IR (infrarroja), y (en Europa) Ku. Todas las bandas de radar obran de diferente manera; operando en diferentes frecuencias. Las pistolas de banda X son las menos usadas, porque su haz es fuerte y fácilmente detectable. Además, muchos

¹⁸ PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 39.

¹⁹ GARBER, Nicholas; HOEL, Lester, Op. Cit. p. 83.

²⁰ GARBER, Nicholas; HOEL, Lester, Op. Cit. p. 84.

portones automáticos utilizan ondas de radio en la banda X y pueden posiblemente afectar las lecturas de las pistolas radar. Así resulta que las bandas K y Ka son las más usadas comúnmente por la autoridad policial²¹. El uso de radar es susceptible a errores como:

- Error del coseno: al tomar las medidas debe tenerse cuidado de reducir el ángulo entre la dirección del vehículo en movimiento y la línea que une los centros del transmisor y del vehículo, se refiere a la desviación entre el rayo radar leído y la dirección real del blanco.
- Si el aparato para hacer las mediciones se ubica en un lugar donde sea percibida fácilmente por los conductores puede haber una variación del comportamiento en cuanto a que se puede disminuir la velocidad ya que se pensaría que es un equipo de control de velocidades.
- Errores cometidos por la persona que hace la medición de las velocidades.

1.3. MARCO DE ANTECEDENTES

En el departamento de Nariño existen estudios sobre la velocidad de operación de la red vial realizados por la Universidad de Nariño, los cuales corresponden a:

Paz y Gómez (2014) Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de velocidades del trayecto Pasto – Chachagüi (aeropuerto) km 19+000 – km 32+500 mediante la utilización de radar.

Mesa y Oliva (2013) Estudio de la velocidad de operación de autos, buses y Camiones de dos ejes para la evaluación de la consistencia en el tramo comprendido entre los kilómetros 53 al 68 de la ruta 25 Pasto – Ipiales.

Erazo y Paz (2013) Estudio de la velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes para la evaluación de la consistencia del tramo de vía comprendido entre los sectores el Tambor, Coba Negra, Catambuco y la salida sur de la ciudad de pasto kilómetros 68 al 83 de la ruta 25 Pasto – Ipiales

Cortes y Estrella (2013) Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de Velocidades del trayecto Tumaco – Pasto km 6+850 – km 25+000 Mediante la utilización de radar.

Guerrero y Rosero (2013) Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de velocidades del trayecto Rumichaca – Ipiales PR00+000 - PR20+000 mediante la utilización de radar.

²¹ HYPERPHISICS – technical info and calculators for police radar. RADAR GUNS APPROVED in the USA and currently in production.

Además, se cuenta con información importante de un estudio realizado en la ciudad de Bogotá, Rincón y Vargas (2011) “Análisis De Las Velocidades De Operación En Los Carriles Mixtos De Las Troncales Del Transporte Masivo En Bogotá – Hacia Una Propuesta De Aumento De La Velocidad Máxima Permitida

1.4. MARCO LEGAL

El presente estudio se encuentra enmarcado dentro de los criterios propuestos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS.

También se apoya en la Resolución N° 000744 del 04 de marzo de 2009, por la cual se actualiza y se adopta el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras desarrollado en 2007, como norma técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, y que además deroga otras disposiciones contrarias a él.

2. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente estudio se realizó en 5 etapas, como se describen a continuación.

2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE.

Esta etapa tuvo por objeto la recopilación de la información bibliográfica existente sobre estudios de velocidad de operación realizados, en especial el estudio realizado sobre esta misma vía denominado: ESTUDIO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL PERFIL DE VELOCIDADES DEL TRAYECTO PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO) km 19+000 – km 32+500 MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADAR.

Adicional a esto se obtienen los planos de la vía Pasto- Chachagüi suministrados por DEVINAR S.A, específicamente del tramo de estudio (K5+000 – K19+000), con los cuales se conocieron los elementos geométricos de la carretera, trazado en planta, en perfil, anchos de calzada, radios de curvatura, longitudes de entre-tangencias, etc...

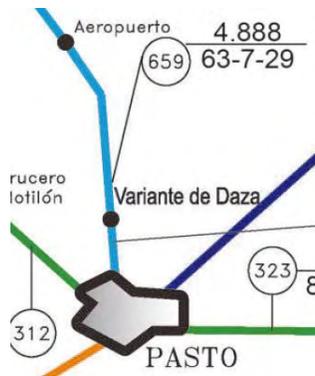
Se tuvo también acceso a los volúmenes de tránsito de la vía, suministrados en el portal del Instituto Nacional de Vías INVIAS, según los cuales se encuentra la siguiente información (Ver Tabla 1) .

TABLA 1 COMPOSICIÓN DE TRANSITO AÑOS 2010-2011

Vía	TPDs	
	2010	2011
Pasto - Aeropuerto	4490	4888
Composición % A B C	62 - 10 - 28	63 - 7 - 29

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

FIGURA. 1 ESQUEMA VÍA PASTO - CHACHAGUI



Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

2.2. INSPECCIÓN VISUAL Y FOTOGRÁFICA DE LOS ELEMENTOS.

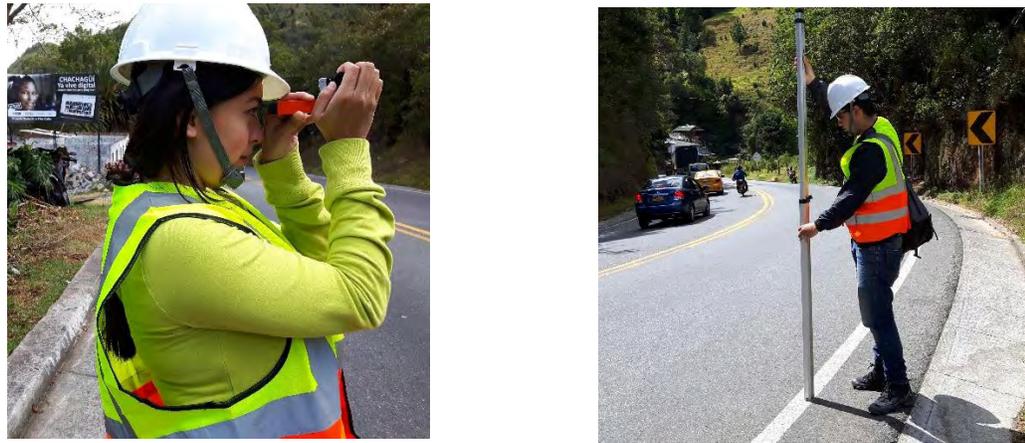
Previo desarrollo del trabajo de campo, se realizó un recorrido al tramo de estudio, con ayuda de un GPS de navegación y la información suministrada por los planos, con el fin de determinar el estado del pavimento, señalización, identificación de los elementos geométricos, así como la existencia de intersecciones, peajes, lugares donde se realicen trabajos de mantenimiento y otros factores que pudiesen llegar a afectar el libre flujo vehicular.

De esta inspección visual se puede concluir que el estado del pavimento en general es bueno debido a que se trata de una carretera recientemente pavimentada por lo que no se observan fallas notorias en el mismo, igualmente el registro fotográfico de cada uno de los elementos se consignó en el Anexo C (digital) del presente trabajo.

2.3. DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES ESPECIFICAS DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL TRAZADO.

Con base en la información recopilada y los planos de la vía y debido a que en ellos no se encontraron valores de velocidad de tramo ni de velocidad específica de cada elemento, fue necesario entonces la determinación de la velocidad específica en las curvas mediante los valores del radio y el peralte máximo. Los radios se obtuvieron de los planos existentes, mientras que los peraltes tuvieron que medirse en cada curva haciendo uso de un nivel de mano Abney.

FIGURA. 2 MEDICIÓN DE PERALTE MÁXIMO EN CURVAS



Para determinar la velocidad específica aproximada en las curvas se hace uso de la tabla 3.4 del manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS 2008, la cual se basa en los valores de peralte y los radios de curvatura.

Con base en las velocidades específicas de las curvas, se procede a determinar la velocidad específica en las rectas tangentes tomando la velocidad específica mayor entre las curvas adyacentes a la tangente en cuestión.

2.4. DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL TRAZADO.

2.4.1. Determinación del tipo de vehículos que conforman la población de estudio. En este caso, el método de muestreo será únicamente empleado para las categorías vehiculares de mayor incidencia y representatividad en cuanto a velocidad de operación se refiere en el tramo de estudio, para esto se emplearon los volúmenes de tránsito del INVIAS del año 2011, para referenciar y justificar que en el sector los vehículos de mayor incidencia son:

- Automóviles
- Buses
- Camiones C2P y C2G.

Según los datos suministrados por el INVIAS los volúmenes de tránsito para Automotores de categorías C3, C4, C5 y C6 son bajos, intermitentes y desarrollan velocidades bajas que no superan las velocidades de diseño, lo cual se intensifica cuando estos están cargados, debido a esto en el presente estudio estas categorías no se tuvieron en cuenta, con el fin de poder desarrollar este trabajo en un tiempo razonable y acorde con el cronograma de trabajo.

2.4.2. Determinación del tamaño de la muestra. La velocidad puntual para determinada ubicación se obtiene normalmente a partir de una muestra de al menos 50 o preferiblemente 100 vehículos²². Dada esta condición y con el propósito de obtener un mayor número de intervalos de clase para una mejor diferenciación de los rangos de velocidades, se estimó un número de 64 vehículos con el ánimo de no inferir en errores para la posterior determinación de la desviación estándar en cada uno de los puntos y el promedio general de todo el trayecto.

De la siguiente ecuación, se tiene:
$$N = \left(\frac{K * S}{E} \right)^2$$

²² EWING, R. Traffic Calming Impacts. In Traffic Calming: State and Practice. Washington, D.C. Institute of Transportation Engineers. 1999.

S= 8.0 km/h Valor redondeado. Tabla 1.
 K= 2 Nivel de confiabilidad: 95.5%. Tabla 2.
 E= 2 km/h Error permitido entre ±8.0 km/h a ±1.5 km/h²³

$$N = \left(\frac{2 * 8.0}{2} \right)^2 = 64.vehiculos$$

Los valores anteriormente seleccionados atienden a razones de practicidad y correlación con respecto a la literatura estudiada, puesto que cuanto mayor sea la muestra seleccionada, mayor será la validez y la representatividad del estudio.

TABLA 2 DESVIACIONES NORMALES DE VELOCIDADES DE PUNTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tipo de Tránsito	Tipo de Camino	Desviación Normal Promedio	
		km/h	mi/h
Rural	Dos carriles	8.5	5.3
Rural	Cuatro carriles	6.8	4.2
Intermedio	Dos carriles	8.5	5.3
Intermedio	Cuatro carriles	8.5	5.3
Urbano	Dos carriles	7.7	4.8
Urbano	Cuatro carriles	7.9	4.9
Valor redondeado		8.0	5.0

Fuente: Box y Oppenlander. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito

TABLA 3 CONSTANTE CORRESPONDIENTE AL NIVEL DE CONFIABILIDAD

Constante K	Nivel de Confiabilidad (por ciento)
1.00	68.3
1.50	86.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

Fuente: Box y Oppenlander. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito

²³ BOX, Paul C y OPPENLANDER, Joseph C. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. 4ª ed. México, D.F, 1985.

2.4.3. Personal y equipo a utilizar. Las personas encargadas del registro de datos corresponden a los autores del estudio bajo la asesoría y dirección del M.Sc. Jorge Luis Argoty B. Se seleccionó el método automático determinado por la Pistola Radar Bushnell con transmisión de radar con una frecuencia de 24.125 GHz (24125000000 Hz), utilizando un transmisor en banda-K, el receptor está diseñado para leer la frecuencia Doppler (el cambio en la frecuencia) entre Hz 360 y poco más de 43 kHz, capaz de tomar lecturas en 0,25 seg. De igual manera se utilizó el equipo de seguridad básico como chaleco reflectivo y casco.

FIGURA. 3 PISTOLA RADAR BUSHNELL



2.4.4. Ubicación para determinación de velocidades de operación.

Muestreo de velocidad de operación en curvas²⁴: los estudios realizados sobre velocidades de operación consideran generalmente que esta velocidad es constante a lo largo de la curva circular y que el sitio más indicado para la medición es el punto central donde posiblemente se presenta la menor velocidad.

La persona encargada de la toma de datos se ubicó en un lugar donde al apuntar a los vehículos el aparato quedara perpendicular a la sección transversal del centro de la curva (donde se desarrolla el mayor peralte), quedando directamente frente al vehículo. Cabe anotar que la posición de la persona que recolectó los datos fue lo más discreta posible para los conductores. Ver fotografía

FIGURA. 4 ESQUEMA DE MEDICIÓN EN CURVA

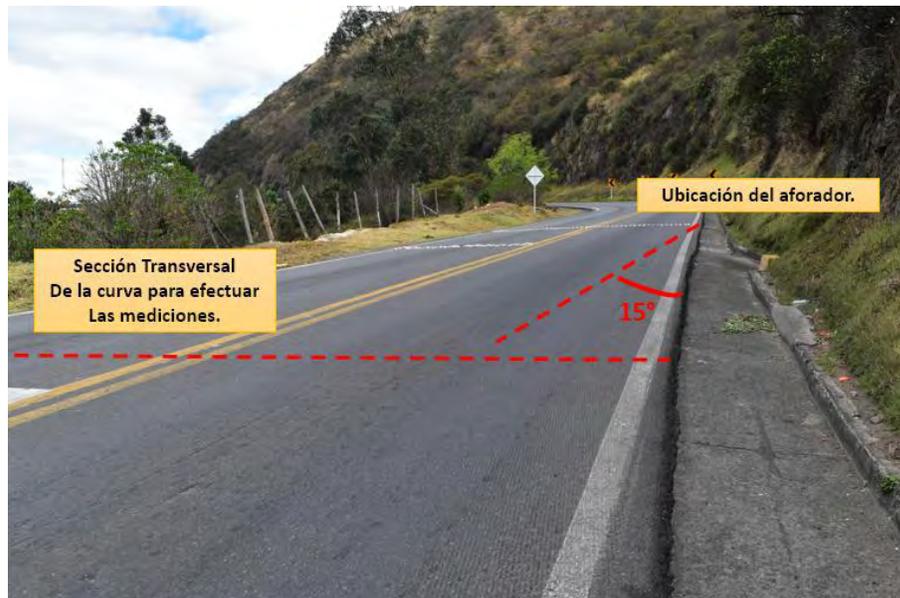


²⁴ PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 23.

Muestreo de velocidad de operación en rectas tangentes: el muestreo en rectas tangentes se debe realizar en el punto donde la velocidad de operación supuestamente alcance un valor mayor.

En rectas cortas la mayor velocidad, por lo general se alcanza a desarrollar próximo al centro de la recta; en rectas largas la velocidad tiende a ser mayor en el último tercio de la tangente en el sentido del flujo²⁵.

FIGURA. 5 ESQUEMA DE MEDICIÓN EN TANGENTE



²⁵ PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 25.

2.4.5. Toma de datos en campo. Para la ejecución del trabajo de campo se recomiendan los siguientes procesos de muestreo (Box y Oppenlander, 1976):

- El investigador deberá marcar con claridad el sitio de observación.
- La ubicación de la pistola radar deberá seleccionarse, en tal forma de minimizar el error del coseno del ángulo entre la trayectoria del vehículo y la línea del aparato al vehículo ya que el error se reduce al hacer que este ángulo se aproxime a cero.
- Observar siempre el primer vehículo en la caravana, dado que los siguientes vehículos pueden estar circulando a la velocidad del vehículo guía, que no puede ser rebasado en el momento de la medición.
- Evitar muestrear una gran proporción de vehículos con alta velocidad.
- Si el observador no puede registrar la velocidad de todos los vehículos en una dirección, debido al gran volumen de tránsito; entonces pueden usarse diversos métodos de muestreo. Cada segundo, tercer, o enésimo vehículo, pueden ser escogidos para la medición de la velocidad.
- Registrar todos los datos en la hoja de campo.

2.4.6. Formato para la captura de información en campo. La toma de datos en campo se realizó en un formato general de hoja de campo que se detalla a continuación:

- Fecha: se especifica día, mes año en el que se realiza la toma de datos.
- Hora de Inicio: hora en la que se inicia la recolección de datos.
- Hora Final: hora en la que se finaliza la recolección de datos.
- Localización: se especifica la abscisa en la que se hace la medición.
- Estado del Pavimento: se especifican las condiciones generales en las que se encuentra el pavimento en el elemento en estudio.
- Condición Climática: se especifican las condiciones de Clima, teniendo en cuenta que la toma de datos se realice en condiciones favorables (ausencia de lluvia).
- Sentido: debido a que la vía presenta dos sentidos se especifica en el formato el sentido del flujo en el cual se hace la toma de datos, Norte - Sur o Sur - Norte.
- Elemento: se consigna el Nombre del elemento donde se realiza la toma de datos previamente establecido C para curvas o T para entre-tangencias y un número consecutivo.
- Aforador: se debe consignar el nombre de la persona que realiza el aforo de los datos de la muestra.
- Supervisor: se debe consignar el nombre de la persona que supervisa el aforo de los datos.

- Lectura KPH: registro de los valores de velocidad de operación tomados en KPH de los respectivos tipos de vehículos.
A: Automóviles.
B: Buses.
C: Camiones de dos ejes grandes o pequeños.
- Carga: para el caso de los camiones y si es posible observar se debe consignar si el camión aforado transita con o sin carga.
- Observaciones: registro de información adicional necesaria para tener en cuenta que afecte la velocidad de los vehículos.

FIGURA. 6 FORMATO DE CAMPO

	ESTUDIO DE VELOCIDAD PUNTUAL MEDIDAS DE VELOCIDAD FORMATO DE CAMPO	UNIVERSIDAD DE NARIÑO PROGRAMA DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL
Fecha: _____	Localización: _____	Sentido: _____
Hora Inicio: _____	Estado del Pavimento: _____	Elemento: _____
Hora Final: _____	Condición Climática: _____	
Aforador: _____	Supervisor: _____	

Lectura (KPH) ¹						Lectura (KPH)					
No	A	B	C2	CARGA		No	A	B	C2	CARGA	
				SI	NO					SI	NO
1						34					
2						35					
3						36					
4						37					
5						38					
6						39					
7						40					
8						41					
9						42					
10						43					
11						44					
12						45					
13						46					
14						47					
15						48					
16						49					
17						50					
18						51					
19						52					
20						53					
21						54					
22						55					
23						56					
24						57					
25						58					
26						59					
27						60					
28						61					
29						62					
30						63					
31						64					
32						65					
33						66					

Notas:
¹ Velocidad que indique el radar.
² A= Automóviles a flujo libre; B= Bus o Buseta a flujo libre;
C2P= Camion de dos ejes pequeña a flujo libre; C2G= Camion de dos ejes grande a flujo libre.
³ Aplica a los camiones que llevan carga.

Para el grupo de vehículos que se siguen a corta distancia, se mide solamente la velocidad del vehículo que encabeza el grupo

Observaciones: _____

Firma Aforador: _____ Firma Supervisor: _____

2.4.7. Cálculo de velocidad de operación. Con la información recolectada en campo se procede al análisis estadístico de los datos, que permite obtener los intervalos de clase para identificar las frecuencias relativa y acumulada con el fin de obtener el percentil 85 de la distribución de velocidades, que establece la velocidad de operación con la que el 85 % de los conductores transitan.

2.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL TRAMO VIAL MEDIANTE VELOCIDADES ESPECÍFICAS Y DE OPERACIÓN.

2.5.1. Elaboración de perfiles de velocidad. Se representa gráficamente mediante un diagrama de dispersión, las velocidades de operación para cada uno de los vehículos tipo, las velocidades de diseño de tramo y velocidades específicas vs abscisas de los elementos, tanto para un sentido de avance Norte – Sur, como para el otro Sur – Norte.

2.5.2. Evaluación de la consistencia mediante los criterios de Lamm. Esta evaluación determina la consistencia del diseño geométrico y está basada en el análisis de la velocidad a la cual circulan los conductores, basándose en 3 criterios que son los siguientes:

- Criterio I: Comparación entre la velocidad de diseño y la de operación.
- Criterio II: comparación entre velocidades de Operación entre elementos consecutivos del trazado.
- Criterio III: Determina la diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y demandado (dinámica de la conducción).

Se usaron los criterios I y II, ya que han sido más ampliamente utilizados, debido a que ya que el criterio III evalúa la diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y el demandado de una manera muy sencilla que no refleja el efecto real de la estabilidad de un vehículo con respecto a la fricción lateral entre otras observaciones²⁶.

El criterio I $|V_{85} - V_d|$ es un buen indicador de la inconsistencia en un elemento singular, mientras que el criterio II (ΔV_{85}), indica la inconsistencia experimentada por los conductores que circulan por un elemento al siguiente. En la tabla siguiente se muestra el nivel de consistencia en función de los criterios antes mencionados.

²⁶ PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 3.

Tabla 4 CRITERIOS DE CONSISTENCIA DE LAMM

Nivel de Consistencia	Criterio I (km/h)	Criterio II (km/h)
Buena	$ V_{85} - V_d \leq 10$	$ V_{85i} - V_{85i+1} \leq 10$
Aceptable	$10 < V_{85} - V_d \leq 20$	$10 < V_{85i} - V_{85i+1} \leq 20$
Pobre	$ V_{85} - V_d > 20$	$ V_{85i} - V_{85i+1} > 20$

2.6. ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En esta última etapa, basados en la información obtenida en el análisis de la consistencia del tramo de estudio, se elaboraron las respectivas conclusiones, observaciones y recomendaciones.

3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL TRAMO DE ESTUDIO.

Para realizar la medición de velocidades se identificaron los elementos geométricos correspondientes (Curvas y Tangentes), como se muestra en la Tabla 5.

TABLA 5 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL TRAMO DE ESTUDIO.

Nº ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
1	TANGENTE					390,231	K5+000,000	K5+390,231	7,159
2	CURVA	IZQUIERDA	81° 42'39"	60,746	9,33	86,631	K5+390,231	K5+476,862	7,159
3	TANGENTE					34,342	K5+476,862	K5+511,204	7,159
4	CURVA	DERECHA	158° 46'02"	50,835	9,63	140,866	K5+511,204	K5+652,070	7,159
5	TANGENTE					81,972	K5+652,070	K5+734,042	7,159
6	CURVA	IZQUIERDA	32° 02'55"	94,832	6,99	53,045	K5+734,042	K5+787,087	7,159
7	TANGENTE					193,825	K5+787,087	K5+980,912	7,159
8	CURVA	IZQUIERDA	16° 41'41"	208,855	6,41	60,856	K5+980,912	K6+041,768	7,159
9	TANGENTE					149,980	K6+041,768	K6+191,748	7,159
10	CURVA	DERECHA	20° 14'08"	138,157	7,58	48,794	K6+191,748	K6+240,542	7,159
11	TANGENTE					206,517	K6+240,542	K6+447,059	7,159
12	CURVA	DERECHA	50° 01'43"	94,814	8,16	82,812	K6+447,059	K6+529,871	7,159
13	TANGENTE					185,675	K6+529,871	K6+715,546	7,159
14	CURVA	IZQUIERDA	39° 25'28"	248,133	6,12	170,736	K6+715,546	K6+886,282	7,159
15	TANGENTE					285,605	K6+886,282	K7+171,887	6,148
16	CURVA	DERECHA	40° 19'51"	116,698	7,28	82,145	K7+171,887	K7+254,032	6,148
17	TANGENTE					103,768	K7+254,032	K7+357,800	6,148
18	CURVA	IZQUIERDA	48° 55'02"	101,552	5,53	86,702	K7+357,800	K7+444,502	6,148
19	TANGENTE					225,907	K7+444,502	K7+670,409	6,148
20	CURVA	DERECHA	100° 10'21"	65,633	8,46	114,749	K7+670,409	K7+785,158	6,148
21	TANGENTE					106,418	K7+785,158	K7+891,576	6,148
22	CURVA	IZQUIERDA	83° 09'40"	51,471	8,75	74,707	K7+891,576	K7+966,283	6,148
23	TANGENTE					54,740	K7+966,283	K8+021,023	6,148
24	CURVA	DERECHA	66° 38'49"	60,728	10,22	70,640	K8+021,023	K8+091,663	6,148
25	TANGENTE					31,751	K8+091,663	K8+123,414	6,148
26	CURVA	IZQUIERDA	56° 55'45"	118,828	7,58	118,068	K8+123,414	K8+241,482	6,148
27	TANGENTE					103,895	K8+241,482	K8+345,377	6,148
28	CURVA	IZQUIERDA	15° 44'31"	193,188	4,07	53,078	K8+345,377	K8+398,455	6,148
29	TANGENTE					85,341	K8+398,455	K8+483,796	6,148

30	CURVA	DERECHA	65° 36'00"	85,934	5,53	98,389	K8+483,796	K8+582,185	6,148
Nº ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
31	TANGENTE					40,512	K8+582,185	K8+622,697	6,148
32	CURVA	DERECHA	34° 52'25"	155,015	6,12	94,351	K8+622,697	K8+717,048	6,148
33	TANGENTE					423,775	K8+717,048	K9+140,823	6,148
34	CURVA	IZQUIERDA	61° 44'09"	87,229	8,16	93,989	K9+140,823	K9+234,812	6,148
35	TANGENTE					40,704	K9+234,812	K9+275,516	6,148
36	CURVA	DERECHA	44° 18'30"	111,161	8,16	85,964	K9+275,516	K9+361,480	6,148
37	TANGENTE					141,439	K9+361,480	K9+502,919	6,148
38	CURVA	DERECHA	43° 12'49"	138,133	5,24	104,183	K9+502,919	K9+607,102	5,027
39	TANGENTE					69,472	K9+607,102	K9+676,574	5,027
40	CURVA	IZQUIERDA	52° 22'35"	102,193	8,16	93,419	K9+676,574	K9+769,993	5,027
41	TANGENTE					166,655	K9+769,993	K9+936,648	5,027
42	CURVA	IZQUIERDA	22° 40'19"	177,031	5,53	70,051	K9+936,648	K10+006,699	5,027
43	TANGENTE					99,511	K10+006,699	K10+106,210	5,027
44	CURVA	DERECHA	68° 59'15"	101,448	8,46	122,149	K10+106,210	K10+228,359	5,027
45	TANGENTE					80,981	K10+228,359	K10+309,340	5,027
46	CURVA	IZQUIERDA	41° 34'52"	146,644	4,37	106,424	K10+309,340	K10+415,764	5,027
47	TANGENTE					843,146	K10+415,764	K11+258,910	-6,851
48	CURVA	DERECHA	75° 58'28"	68,316	8,16	90,587	K11+258,910	K11+349,497	-6,851
49	TANGENTE					75,163	K11+349,497	K11+424,660	-6,851
50	CURVA	IZQUIERDA	59° 15'35"	87,625	5,24	90,628	K11+424,660	K11+515,288	-6,851
51	TANGENTE					32,472	K11+515,288	K11+547,760	-6,851
52	CURVA	DERECHA	46° 35'05"	96,115	7,58	78,147	K11+547,760	K11+625,907	-6,851
53	TANGENTE					33,323	K11+625,907	K11+659,230	-6,851
54	CURVA	DERECHA	48° 20'02"	91,364	6,99	77,073	K11+659,230	K11+736,303	-6,851
55	TANGENTE					79,977	K11+736,303	K11+816,280	-6,851
56	CURVA	IZQUIERDA	157° 22'02"	101,272	8,75	278,151	K11+816,280	K12+094,431	-6,851
57	TANGENTE					136,689	K12+094,431	K12+231,120	-6,851
58	CURVA	IZQUIERDA	40° 55'48"	149,548	6,12	106,831	K12+231,120	K12+337,951	-6,851
59	TANGENTE					54,779	K12+337,951	K12+392,730	-6,851
60	CURVA	DERECHA	69° 22'18"	100,939	7,87	122,213	K12+392,730	K12+514,943	-6,851
61	TANGENTE					171,987	K12+514,943	K12+686,930	-6,851
62	CURVA	DERECHA	103° 28'39"	59,336	6,70	107,162	K12+686,930	K12+794,092	-6,851
63	TANGENTE					37,938	K12+794,092	K12+832,030	-6,851
64	CURVA	IZQUIERDA	133° 31'54"	90,546	6,41	211,023	K12+832,030	K13+043,053	-6,851
65	TANGENTE					384,737	K13+043,053	K13+427,790	1,673
Nº	TIPO DE	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE	LONGITUD	ABSCISA	ABSCISA	PENDIENTE

ELEMENTO	ELEMENTO		ÓN		(%)	DE ELEMENTO	INICIAL	FINAL	(%)
66	CURVA	IZQUIERDA	79° 24'17"	100	5,24	138,587	K13+427,790	K13+566,377	1,673
67	TANGENTE					31,463	K13+566,377	K13+597,840	1,673
68	CURVA	DERECHA	60° 38'25"	120	7,28	127,005	K13+597,840	K13+724,845	-6,722
69	TANGENTE					86,165	K13+724,845	K13+811,010	-6,722
70	CURVA	IZQUIERDA	54° 25'24"	70	5,53	66,490	K13+811,010	K13+877,500	-6,722
71	TANGENTE					41,740	K13+877,500	K13+919,240	-6,722
72	CURVA	DERECHA	24° 41'26"	100	7,58	43,093	K13+919,240	K13+962,333	-6,722
73	TANGENTE					64,177	K13+962,333	K14+026,510	-6,722
74	CURVA	DERECHA	30° 42'40"	145	6,41	77,721	K14+026,510	K14+104,231	-6,722
75	TANGENTE					34,949	K14+104,231	K14+139,180	-6,722
76	CURVA	IZQUIERDA	82° 06'08"	75	6,41	107,472	K14+139,180	K14+246,652	-6,722
77	TANGENTE					26,788	K14+246,652	K14+273,440	-6,722
78	CURVA	DERECHA	77° 36'25"	60	5,24	81,270	K14+273,440	K14+354,710	-6,722
79	TANGENTE					167,180	K14+354,710	K14+521,890	-6,722
80	CURVA	DERECHA	14° 28'28"	370	2,04	93,471	K14+521,890	K14+615,361	-6,722
81	TANGENTE					206,489	K14+615,361	K14+821,850	-6,722
82	CURVA	IZQUIERDA	37° 57'05"	135	9,92	89,421	K14+821,850	K14+911,271	-6,722
83	TANGENTE					37,489	K14+911,271	K14+948,760	-6,722
84	CURVA	DERECHA	27° 32'20"	110	5,53	52,871	K14+948,760	K15+001,631	-6,722
85	TANGENTE					56,829	K15+001,631	K15+058,460	-6,722
86	CURVA	DERECHA	138° 20'24"	46	9,04	111,066	K15+058,460	K15+169,526	-6,722
87	TANGENTE					105,514	K15+169,526	K15+275,040	-6,722
88	CURVA	IZQUIERDA	42° 45'39"	130	5,24	97,021	K15+275,040	K15+372,061	-6,722
89	TANGENTE					99,639	K15+372,061	K15+471,700	-6,722
90	CURVA	IZQUIERDA	154° 37'08"	48	9,04	129,533	K15+471,700	K15+601,233	-6,722
91	TANGENTE					30,217	K15+601,233	K15+631,450	-6,722
92	CURVA	DERECHA	22° 11'54"	150	5,53	58,115	K15+631,450	K15+689,565	-6,722
93	TANGENTE					59,135	K15+689,565	K15+748,700	-6,722
94	CURVA	DERECHA	69° 29'06"	78	10,22	94,595	K15+748,700	K15+843,295	-6,722
95	TANGENTE					78,305	K15+843,295	K15+921,600	-6,722
96	CURVA	IZQUIERDA	28° 35'27"	127	6,99	63,374	K15+921,600	K15+984,974	-6,722
97	TANGENTE					95,336	K15+984,974	K16+080,310	-6,722
98	CURVA	IZQUIERDA	41° 49'28"	100	7,87	72,997	K16+080,310	K16+153,307	-6,722
99	TANGENTE					147,393	K16+153,307	K16+300,700	-6,722
100	CURVA	DERECHA	67° 01'58"	80	7,87	93,595	K16+300,700	K16+394,295	-6,722
Nº ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
101	TANGENTE					32,905	K16+394,295	K16+427,200	-6,722

102	CURVA	IZQUIERDA	72° 28'33"	55	9,04	69,572	K16+427,200	K16+496,772	-6,722
103	TANGENTE					138,718	K16+496,772	K16+635,490	-6,722
107	TANGENTE					40,940	K16+844,200	K16+885,140	-6,722
108	CURVA	DERECHA	106° 40'22"	48	6,12	89,366	K16+885,140	K16+974,506	-6,722
109	TANGENTE					19,804	K16+974,506	K16+994,310	-6,722
110	CURVA	IZQUIERDA	47° 06'55"	57	9,33	46,872	K16+994,310	K17+041,182	-6,722
111	TANGENTE					16,148	K17+041,182	K17+057,330	-6,722
112	CURVA	IZQUIERDA	14° 05'01"	165	3,49	40,558	K17+057,330	K17+097,888	-6,722
113	TANGENTE					36,662	K17+097,888	K17+134,550	-6,722
114	CURVA	IZQUIERDA	128° 40'36"	32	9,63	71,867	K17+134,550	K17+206,417	-6,722
115	TANGENTE					28,143	K17+206,417	K17+234,560	-6,722
116	CURVA	DERECHA	89° 37'49"	47	8,46	73,524	K17+234,560	K17+308,084	-6,722
117	TANGENTE					126,266	K17+308,084	K17+434,350	-6,722
122	CURVA	IZQUIERDA	20° 42'25"	140	0,58	50,597	K17+638,330	K17+688,927	-6,722
123	TANGENTE					18,863	K17+688,927	K17+707,790	-6,722
124	CURVA	DERECHA	21° 13'09"	165	4,66	61,107	K17+707,790	K17+768,897	-6,722
125	TANGENTE					89,173	K17+768,897	K17+858,070	-6,722
126	CURVA	DERECHA	105° 24'33"	65	7,28	119,583	K17+858,070	K17+977,653	-6,722
127	TANGENTE					27,657	K17+977,653	K18+005,310	-4,139
128	CURVA	IZQUIERDA	90° 37'06"	40	8,46	63,263	K18+005,310	K18+068,573	-4,139
129	CURVA	IZQUIERDA	87° 56'35"	40	8,46	61,396	K18+068,580	K18+129,976	-4,139
130	TANGENTE					79,284	K18+129,976	K18+209,260	-4,139
131	CURVA	DERECHA	42° 03'08"	100	4,95	73,395	K18+209,260	K18+282,655	-4,139
132	TANGENTE					52,525	K18+282,655	K18+335,180	-4,139
133	CURVA	DERECHA	90° 03'12"	40	8,16	62,869	K18+335,180	K18+398,049	-4,139
134	TANGENTE					15,901	K18+398,049	K18+413,950	-4,139
135	CURVA	IZQUIERDA	48° 10'30"	56	9,63	47,086	K18+413,950	K18+461,036	-4,139
136	TANGENTE					137,234	K18+461,036	K18+598,270	-4,139
137	CURVA	IZQUIERDA	5° 24'16"	530	4,37	49,993	K18+598,270	K18+648,263	-6,547
138	TANGENTE					117,137	K18+648,263	K18+765,400	-6,547
139	CURVA	DERECHA	60° 00'31"	70	5,24	73,315	K18+765,400	K18+838,715	-6,547
140	TANGENTE					88,822	K18+838,715	K18+927,537	-6,547

3.2. VELOCIDAD ESPECÍFICA DE DISEÑO.

3.2.1. Velocidad de curvas horizontales VCH. Haciendo uso de la tabla 6 extraída Manual de diseño Geométrico del 2008, que se presenta a continuación se hizo la asignación aproximada de velocidades según el peralte y el radio de las curvas obtenidas en planos y por mediciones en campo.

TABLA 6 RADIOS DE CURVATURA EN FUNCIÓN DE LA VCH Y PERALTE

e (%)	V _{CH} = 40 km/h R (m)	V _{CH} = 50 km/h R (m)	V _{CH} = 60 km/h R (m)	V _{CH} = 70 km/h R (m)	V _{CH} = 80 km/h R (m)	V _{CH} = 90 km/h R (m)	V _{CH} = 100 km/h R (m)	V _{CH} = 110 km/h R (m)	V _{CH} = 120 km/h R (m)	V _{CH} = 130 km/h R (m)
1,5	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
2,0	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2,2	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2,4	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2,6	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2,8	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3,0	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3,2	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3,4	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3,6	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3,8	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4,0	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4,2	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4,4	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4,6	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4,8	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5,0	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5,2	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5,4	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5,6	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5,8	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6,0	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6,2	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6,4	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6,6	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6,8	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7,0	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7,2	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7,4	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7,6	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7,8	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8,0	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS

3.2.2. Velocidad específica de entretangencias horizontales. Luego de efectuar la asignación de velocidades a las curvas horizontales se realizó la asignación a las entretangencias asignándoles la velocidad mayor de las curvas adyacentes a la misma.

El resultado obtenido de la asignación de velocidad específica se resume en la tabla 7.

TABLA 7 ASIGNACIÓN DE VELOCIDADES ESPECIFICAS DE DISEÑO

Nº ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	RADIO	PERALTE (%)	VELOCIDAD ESPECIFICA	Nº ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	RADIO	PERALTE (%)	VELOCIDAD ESPECIFICA
1	TANGENTE			45	38	CURVA	138,133	5,24	40
2	CURVA	60,746	9,33	45	39	TANGENTE			60
3	TANGENTE			45	40	CURVA	102,193	8,16	60
4	CURVA	50,835	9,63	45	41	TANGENTE			60
5	TANGENTE			45	42	CURVA	177,031	5,53	45
6	CURVA	94,832	6,99	45	43	TANGENTE			60
7	TANGENTE			55	44	CURVA	101,448	8,46	60
8	CURVA	208,855	6,41	55	45	TANGENTE			60
9	TANGENTE			55	46	CURVA	146,644	4,37	40
10	CURVA	138,157	7,58	55	47	TANGENTE			50
11	TANGENTE			55	48	CURVA	68,316	8,16	50
12	CURVA	94,814	8,16	55	49	TANGENTE			50
13	TANGENTE			60	50	CURVA	87,625	5,24	40
14	CURVA	248,133	6,12	60	51	TANGENTE			50
15	TANGENTE			60	52	CURVA	96,115	7,58	50
16	CURVA	116,698	7,28	50	53	TANGENTE			50
17	TANGENTE			50	54	CURVA	91,364	6,99	45
18	CURVA	101,552	5,53	40	55	TANGENTE			60
19	TANGENTE			45	56	CURVA	101,272	8,75	60
20	CURVA	65,633	8,46	45	57	TANGENTE			60
21	TANGENTE			45	58	CURVA	149,548	6,12	50
22	CURVA	51,471	8,75	45	59	TANGENTE			55
23	TANGENTE			45	60	CURVA	100,939	7,87	55
24	CURVA	60,728	10,22	45	61	TANGENTE			55
25	TANGENTE			55	62	CURVA	59,336	6,70	40
26	CURVA	118,828	7,58	55	63	TANGENTE			40
27	TANGENTE			55	64	CURVA	90,546	6,41	40
28	CURVA	193,188	4,07	40	65	TANGENTE			40
29	TANGENTE			40	66	CURVA	100	5,24	40
30	CURVA	85,934	5,53	40	67	TANGENTE			50
31	TANGENTE			45	68	CURVA	120	7,28	50
32	CURVA	155,015	6,12	45	69	TANGENTE			50
33	TANGENTE			55	70	CURVA	70	5,53	40
34	CURVA	87,229	8,16	55	71	TANGENTE			50
35	TANGENTE			60	72	CURVA	100	7,58	50
36	CURVA	111,161	8,16	60	73	TANGENTE			50
37	TANGENTE			60	74	CURVA	145	6,41	50

Nº ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	RADIO	PERALTE (%)	VELOCIDAD ESPECIFICA	Nº ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	RADIO	PERALTE (%)	VELOCIDAD ESPECIFICA
75	TANGENTE			50	108	CURVA	48	6,12	40
76	CURVA	75	6,41	40	109	TANGENTE			45
77	TANGENTE			40	110	CURVA	57	9,33	45
78	CURVA	60	5,24	40	111	TANGENTE			45
79	TANGENTE			40	112	CURVA	165	3,49	40
80	CURVA	370	2,04	40	113	TANGENTE			40
81	TANGENTE			65	114	CURVA	32	9,63	40
82	CURVA	135	9,92	65	115	TANGENTE			40
83	TANGENTE			65	116	CURVA	47	8,46	40
84	CURVA	110	5,53	40	117	TANGENTE			40
85	TANGENTE			40	118	CURVA	120	4,95	40
86	CURVA	46	9,04	40	119	TANGENTE			45
87	TANGENTE			40	120	CURVA	200	4,95	45
88	CURVA	130	5,24	40	121	TANGENTE			45
89	TANGENTE			40	122	CURVA	140	0,58	40
90	CURVA	48	9,04	40	123	TANGENTE			40
91	TANGENTE			45	124	CURVA	165	4,66	40
92	CURVA	150	5,53	45	125	TANGENTE			40
93	TANGENTE			50	126	CURVA	65	7,28	40
94	CURVA	78	10,22	50	127	TANGENTE			40
95	TANGENTE			50	128	CURVA	40	8,46	40
96	CURVA	127	6,99	50	129	CURVA	40	8,46	40
97	TANGENTE			55	130	TANGENTE			40
98	CURVA	100	7,87	55	131	CURVA	100	4,95	40
99	TANGENTE			55	132	TANGENTE			40
100	CURVA	80	7,87	50	133	CURVA	40	8,16	40
101	TANGENTE			50	134	TANGENTE			45
102	CURVA	55	9,04	45	135	CURVA	56	9,63	45
103	TANGENTE			45	136	TANGENTE			70
104	CURVA	60	6,70	40	137	CURVA	530	4,37	70
105	TANGENTE			40	138	TANGENTE			70
106	CURVA	30	9,63	40	139	CURVA	70	5,24	40
107	TANGENTE			40	140	TANGENTE			40

3.2.3. Velocidad de tramo. El literal 2.1.2 del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008, respecto a los valores de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo (VTR) menciona: “La Velocidad de Diseño de un tramo homogéneo (VTR) está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. A un tramo homogéneo se le puede asignar una Velocidad de diseño (VTR) en el rango que se indica en la tabla 8. En ella se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país.”

TABLA 8 VALORES DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO (VTR)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano								///	///	///
	Ondulado								///	///	///
	Montañoso						///	///	///	///	///
	Escarpado						///	///	///	///	///
Primaria de una calzada	Plano								///	///	///
	Ondulado								///	///	///
	Montañoso					///	///	///	///	///	///
	Escarpado					///	///	///	///	///	///
Secundaria	Plano					///	///	///	///	///	///
	Ondulado				///	///	///	///	///	///	///
	Montañoso			///	///	///	///	///	///	///	///
	Escarpado			///	///	///	///	///	///	///	///
Terciaria	Plano			///	///	///	///	///	///	///	///
	Ondulado		///	///	///	///	///	///	///	///	///
	Montañoso	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///
	Escarpado	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS

De esta manera se observa que el rango de velocidades para el tramo en estudio va de 60 km/h a 90 km/h, pero debido a que esta vía no fue diseñada con estos criterios sino muy anteriormente, se definió el VTR con la mínima velocidad específica encontrada en la asignación de velocidades, es decir 40 km/h.

3.3. VELOCIDAD DE OPERACIÓN (DETERMINACIÓN DE PERCENTIL 85)

El procedimiento de mediciones de velocidad de operación permitió obtener la tendencia de las velocidades que describe en su mayoría el comportamiento de los conductores en el trayecto de estudio. La medición se realizó para cada elemento y bajo condiciones planteadas en campo como para las categorías de vehículos correspondientes (automóviles, buses, camiones tipo C2).

La tabla No. 9, muestra el procedimiento de medición y análisis de velocidades correspondientes para el elemento No. 2, para los 139 elementos el procedimiento Será el mismo.

TABLA 9 INFORMACIÓN OBTENIDA DE LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN PARA EL ELEMENTO NO. 1.

	ESTUDIO DE VELOCIDAD PUNTUAL MEDIDAS DE VELOCIDAD FORMATO DE CAMPO	UNIVERSIDAD DE NARIÑO PROGRAMA DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL
Fecha: 2 AGOSTO 2016 Hora Inicio: 7:20 AM Hora Final: 11:52 AM	Localización: K5+390 Estado del Pavimento: BUENO Condición Climática: PRESENCIA DE POCAS NUBES	Sentido: SUR-NORTE Elemento: C2 Pag: 1 de: 273
Aforador: DIEGO ARMANDO RAMIREZ		Supervisor: MARÍA XIMENA MORA

No	Lectura (KPH) ¹			CARGA	
	A	B	C2	SI	NO
	1	50	33	41 P	
2	51	40	26 P	X	
3	49	35	24 G	X	
4	47	41	36 G	X	
5	40	31	31 P		
6	46	42	28 G		
7	40	37	31 G		X
8	51	35	29 G		X
9	47	37	45 G		
10	49	36	19 G	X	
11	39	30	18 G	X	
12	40	31	22 G		
13	42	35	40 P		
14	43	29	45 G		X
15	46	38	30 G		
16	47	28	29 P	X	
17	40	44	45 G		
18	43	34	41 G		
19	39	51	34 G		X
20	45	29	45 G	X	
21	50	42	36 G		X
22	56	32	26 G		
23	48	34	21 G		
24	38	32	19 G	X	
25	41	30	19 G	X	
26	50	36	21 G	X	
27	44	39	34 P		
28	48	30	36 G		X
29	47	30	34 G	X	
30	45	38	33 G		X
31	40	43	38 G		X
32	42	26	35 G		X
33	51	40	35 G		

No	Lectura (KPH)			CARGA	
	A	B	C2	SI	NO
	34	49	31	42 G	X
35	43	37	30 G		X
36	49	35	43 P		X
37	50	37	24 P	X	
38	39	36	23 G		
39	40	30	35 G		X
40	43	40	38 G		X
41	52	31	32 G		
42	41	41	27 P		
43	33	31	29 G		X
44	42	42	25 G	X	
45	45	38	20 G	X	
46	47	28	36 G		
47	42	35	33 G		
48	41	31	38 G		
49	48	35	30 G		
50	53	29	43 P		
51	42	32	32 G		
52	46	30	28 G		
53	50	36	35 P		
54	38	39	36 G		X
55	42	30	22 G		X
56	49	23	30 G	X	
57	45	34	30 G		
58	38	43	20 G	X	
59	41	29	31 P		
60	40	42	36 G		
61	55	27	36 P		
62	54	34	22 G		X
63	39	40	33 G		
64	41	26	38 P		
65	40	36	35 G		X
66	47	27	35 G		X

Notas:

- 1 Velocidad que indique el radar.
- 2 A= Automóviles a flujo libre; B= Bus o Busetta a flujo libre;
- 3 C2= Camión de dos ejes pequeño a flujo libre; C2G= Camión de dos ejes grande a flujo libre.
- 3 Aplica a los camiones que llevan carga.

Para el grupo de vehículos que se siguen a corta distancia, se mide solamente la velocidad del vehículo que encabeza el grupo

Observaciones: _____

Firma Aforador: _____ Firma Supervisor: _____

Con la información recolectada la tabla No. 9 se procede al análisis estadístico de los datos que permite obtener los intervalos de clase para identificar las frecuencias relativas y acumuladas con el fin de obtener el percentil 85 que establece la velocidad de operación con la que el 85 % de los conductores transitan, como se observa en la tabla No. 10 para el elemento No 2.

TABLA 10 TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS Y ACUMULADAS DE AUTOS EN SENTIDO SUR-NORTE DEL ELEMENTO NO. 2

INTERVALOS DE CLASE GRUPOS DE VELOCIDAD KM/H		PUNTO MEDIO V_i (KM/H)	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA	
			ABSOLUTA f_i	RELATIVA $f_i(\%)$	ABSOLUTA f_{ia}	RELATIVA $f_{ia}(\%)$
33,00	35,88	34,44	1	2%	1	2%
35,88	38,75	37,31	3	5%	4	6%
38,75	41,63	40,19	16	25%	20	31%
41,63	44,50	43,06	11	17%	31	48%
44,50	47,38	45,94	12	19%	43	67%
47,38	50,25	48,81	13	20%	56	88%
50,25	53,13	51,69	5	8%	61	95%
53,13	56,00	54,56	3	5%	64	100%
			64	100%		

Según la anterior información y el análisis estadístico (Ver anexo B) se establece como percentil 85 la velocidad de operación correspondiente a 50 km/h.

TABLA 11 TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS Y ACUMULADAS DE BUSES EN SENTIDO SUR-NORTE DEL ELEMENTO NO. 2

INTERVALOS DE CLASE GRUPOS DE VELOCIDAD KM/H		PUNTO MEDIO V_i (KM/H)	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA	
			ABSOLUTA f_i	RELATIVA $f_i(\%)$	ABSOLUTA f_{ia}	RELATIVA $f_{ia}(\%)$
23	26,5	24,75	3	5%	3	5%
26,5	30	28,25	14	22%	17	27%
30	33,5	31,75	10	16%	27	42%
33,5	37	35,25	18	28%	45	70%
37	40,5	38,75	9	14%	54	84%
40,5	44	42,25	9	14%	63	98%
44	47,5	45,75	0	0%	63	98%
47,5	51	49,25	1	2%	64	100%
			64	100%		

Según la anterior información y el análisis estadístico (Ver anexo B) se establece como percentil 85 la velocidad de operación correspondiente a 41 km/h.

TABLA 12 TABLA DE FRECUENCIAS RELATIVAS Y ACUMULADAS DE CAMIONES EN SENTIDO SUR-NORTE DEL ELEMENTO NO. 2

INTERVALOS DE CLASE GRUPOS DE VELOCIDAD KM/H		PUNTO MEDIO Vi(KM/H)	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA	
			ABSOLUTA fi	RELATIVA fi(%)	ABSOLUTA fia	RELATIVA fia(%)
18	21,375	19,6875	8	13%	8	13%
21,375	24,75	23,0625	6	9%	14	22%
24,75	28,125	26,4375	6	9%	20	31%
28,125	31,5	29,8125	11	17%	31	48%
31,5	34,875	33,1875	8	13%	39	61%
34,875	38,25	36,5625	15	23%	54	84%
38,25	41,625	39,9375	3	5%	57	89%
41,625	45	43,3125	7	11%	64	100%
			64	100%		

Según la anterior información y el análisis estadístico (Ver anexo B) se establece como percentil 85 la velocidad de operación correspondiente a 40 km/h.

Con base en el anterior procedimiento se realizó una tabla de resumen (Tabla No 13) en el que se identifican las velocidades de operación en sentido norte-sur y sur-norte correspondientes a todos los elementos del tramo.

TABLA 13 VELOCIDADES DE OPERACIÓN

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO SUR - NORTE			VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO NORTE - SUR		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
1 *	K5+000,000	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	K5+390,231	50,0	41,0	40,3	51,0	43,0	41,0
3	K5+476,862	50,0	40,0	42,0	50,3	44,0	43,7
4	K5+511,204	49,1	40,8	39,0	48,5	42,3	40,0
5	K5+652,070	51,0	45,0	43,0	54,3	47,0	44,0
6	K5+734,042	51,0	47,0	45,0	59,3	52,0	47,5
7	K5+787,087	54,3	45,0	42,0	70,0	55,3	50,3
8	K5+980,912	62,0	51,0	45,0	67,0	57,5	57,0
9	K6+041,768	62,0	50,3	45,0	69,0	59,0	55,0
10	K6+191,748	61,0	50,0	48,0	61,0	58,3	48,0

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO SUR - NORTE			VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO NORTE - SUR		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
11	K6+240,542	64,5	51,0	46,0	67,3	61,3	55,1
12	K6+447,059	65,0	53,0	50,0	68,0	59,0	56,0
13	K6+529,871	68,0	58,0	53,0	69,0	61,0	57,0
14	K6+715,546	70,3	61,0	54,0	71,0	64,0	57,0
15	K6+886,282	69,3	62,0	54,0	71,0	63,3	58,3
16	K7+171,887	60,0	53,0	42,0	63,3	54,0	56,0
17	K7+254,032	63,0	56,0	44,0	64,0	56,0	55,0
18	K7+357,800	64,0	61,3	45,3	63,0	58,0	54,5
19	K7+444,502	63,0	59,0	48,0	64,0	60,0	54,0
20	K7+670,409	61,0	52,0	47,3	61,0	53,0	51,0
21	K7+785,158	62,0	55,0	48,3	59,3	55,0	49,0
22	K7+891,576	59,5	53,0	48,0	58,0	56,0	49,5
23	K7+966,283	59,3	54,3	49,0	59,0	57,3	49,5
24	K8+021,023	45,0	42,0	40,0	53,0	42,0	40,3
25	K8+091,663	46,8	45,3	41,0	55,3	44,3	42,3
26	K8+123,414	47,0	40,0	39,3	49,0	41,0	40,3
27	K8+241,482	54,0	42,3	45,0	52,3	47,3	45,0
28	K8+345,377	55,0	43,0	48,3	53,0	50,0	47,3
29	K8+398,455	63,3	55,0	52,0	68,0	63,0	50,0
30	K8+483,796	60,0	54,0	45,3	65,0	58,0	49,0
31	K8+582,185	61,0	59,0	48,0	64,3	58,0	47,0
32	K8+622,697	61,0	60,5	51,0	64,0	61,0	46,0
33	K8+717,048	67,0	59,0	53,0	66,0	61,0	51,0
34	K9+140,823	62,0	55,0	51,0	63,5	58,0	40,0
35	K9+234,812	64,3	54,3	50,0	63,0	59,0	43,0
36	K9+275,516	59,0	52,5	49,0	62,0	57,0	51,0
37	K9+361,480	61,3	55,0	50,3	63,3	56,0	51,0
38	K9+502,919	63,0	54,3	51,3	62,0	56,3	49,3
39	K9+607,102	64,0	56,0	53,3	61,3	57,0	49,3
40	K9+676,574	64,3	55,3	52,3	60,3	55,0	45,0
41	K9+769,993	67,0	58,0	53,0	64,3	56,0	52,0
42	K9+936,648	70,0	59,0	54,3	68,0	57,0	55,0
43	K10+006,699	69,3	58,0	54,0	70,3	56,3	52,0
44	K10+106,210	66,0	50,0	56,0	64,0	53,0	49,0
45	K10+228,359	68,0	60,0	54,0	70,5	57,3	52,3
46	K10+309,340	68,3	58,0	53,0	67,0	61,0	54,0
47	K10+415,764	72,0	58,3	49,0	65,3	59,0	49,3

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO SUR - NORTE			VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO NORTE - SUR		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
48	K11+258,910	58,0	57,0	42,0	57,3	54,0	46,0
49	K11+349,497	62,0	56,0	46,0	58,3	52,3	48,0
50	K11+424,660	62,0	53,3	50,0	57,0	49,0	48,0
51	K11+515,288	63,0	55,0	44,0	59,3	52,3	46,8
52	K11+547,760	62,0	55,0	45,3	64,0	57,0	45,0
53	K11+625,907	62,0	53,0	47,0	62,0	54,0	46,0
54	K11+659,230	59,3	53,0	49,8	60,0	52,0	46,0
55	K11+736,303	65,0	59,0	49,0	61,3	59,0	51,0
56	K11+816,280	64,0	58,0	50,0	62,0	59,3	52,5
57	K12+094,431	65,0	58,0	50,0	64,0	59,0	53,3
58	K12+231,120	66,0	57,0	48,3	63,5	57,0	50,0
59	K12+337,951	67,0	57,0	50,0	65,0	57,0	50,0
60	K12+392,730	60,0	56,3	50,3	62,0	57,0	51,0
61	K12+514,943	62,0	56,0	52,0	64,0	57,0	52,0
62	K12+686,930	54,0	47,0	44,3	58,0	50,0	45,0
63	K12+794,092	58,0	53,0	48,0	59,3	52,0	50,0
64	K12+832,030	61,3	55,0	49,5	64,0	61,0	49,0
65 **	K13+043,053	NA	NA	NA	65,0	55,0	52,0
66	K13+427,790	64,0	59,0	50,0	60,0	50,0	47,0
67	K13+566,377	63,0	57,0	51,3	62,0	55,0	49,3
68	K13+597,840	61,0	56,0	51,0	62,8	57,0	50,0
69	K13+724,845	61,3	59,0	49,5	64,3	58,0	47,0
70	K13+811,010	57,0	52,0	46,0	55,5	50,0	43,3
71	K13+877,500	58,3	53,0	46,0	59,3	52,0	44,3
72	K13+919,240	58,0	53,0	46,0	59,0	53,0	44,0
73	K13+962,333	62,0	54,0	48,0	60,3	55,3	47,3
74	K14+026,510	63,0	55,0	48,3	61,3	55,5	49,0
75	K14+104,231	62,3	56,0	48,0	60,3	55,3	48,3
76	K14+139,180	61,0	56,0	47,0	60,0	54,0	47,5
77	K14+246,652	63,3	56,0	46,0	62,3	50,3	43,3
78	K14+273,440	60,0	51,0	45,5	54,0	51,0	44,0
79	K14+354,710	62,3	53,3	45,3	57,0	52,3	43,3
80	K14+521,890	63,0	50,0	43,0	50,8	40,5	38,3
81***	K14+615,361	NA	NA	NA	NA	NA	NA
82***	K14+821,850	NA	NA	NA	NA	NA	NA
83	K14+911,271	67,0	60,0	48,3	63,0	54,0	46,3
84	K14+948,760	59,3	52,3	42,0	61,3	51,3	39,3

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO SUR - NORTE			VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO NORTE - SUR		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
85	K15+001,631	58,0	53,0	41,0	58,3	53,0	39,3
86	K15+058,460	52,0	47,0	40,0	51,0	46,0	42,0
87	K15+169,526	58,0	54,0	45,0	57,3	51,0	47,3
88	K15+275,040	60,0	55,0	50,3	59,0	56,0	48,0
89	K15+372,061	57,0	53,0	47,0	54,0	50,0	45,0
90	K15+471,700	51,3	49,0	43,3	49,0	45,0	39,0
91	K15+601,233	57,0	48,0	43,3	56,0	45,0	40,0
92	K15+631,450	60,3	50,0	42,0	60,3	47,0	41,0
93	K15+689,565	57,0	53,0	44,0	61,0	52,0	40,0
94	K15+748,700	53,0	52,3	45,0	61,3	54,0	37,0
95	K15+843,295	59,3	56,0	45,0	64,0	55,0	41,0
96	K15+921,600	62,5	59,0	44,3	68,0	54,0	44,0
97	K15+984,974	62,0	58,0	48,0	65,0	53,3	45,0
98	K16+080,310	60,0	52,0	49,0	61,0	51,0	46,0
99	K16+153,307	62,0	55,0	48,0	61,3	55,3	47,0
100	K16+300,700	60,8	55,3	46,0	60,0	56,0	47,0
101	K16+394,295	55,0	48,5	44,0	59,0	53,0	45,0
102	K16+427,200	47,0	41,0	39,0	51,0	48,0	43,0
103	K16+496,772	51,3	46,3	43,0	52,0	46,0	43,0
104	K16+635,490	53,0	48,0	44,0	53,0	45,0	38,5
105	K16+757,670	52,0	48,0	43,0	54,0	47,0	41,3
106	K16+789,940	50,3	46,3	42,0	51,0	49,0	43,0
107	K16+844,200	50,0	45,0	40,0	50,5	46,0	41,3
108	K16+885,140	48,0	45,0	39,0	49,0	45,3	39,3
109	K16+974,506	52,0	47,0	40,0	51,0	48,0	41,3
110	K16+994,310	53,3	46,3	41,3	52,0	48,3	42,0
111	K17+041,182	52,8	47,0	44,3	53,0	50,0	41,3
112	K17+057,330	55,0	49,0	47,0	54,3	50,5	43,3
113	K17+097,888	53,3	48,0	45,0	53,0	46,0	40,5
114	K17+134,550	41,0	38,0	37,0	45,0	39,0	36,0
115	K17+206,417	56,5	51,0	40,8	57,3	48,3	42,0
116	K17+234,560	49,0	46,0	35,0	53,0	45,0	41,3
117	K17+308,084	60,0	52,3	43,3	59,0	51,0	45,0
118	K17+434,350	56,0	51,5	45,0	58,0	50,3	44,3
119	K17+530,089	58,0	52,0	46,0	58,5	53,0	45,0
120	K17+565,870	58,3	51,0	47,0	56,0	55,0	44,0
121	K17+615,540	58,0	53,0	44,3	58,5	54,0	43,0

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO SUR - NORTE			VELOCIDAD DE OPERACIÓN SENTIDO NORTE - SUR		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
122	K17+638,330	59,0	51,0	46,0	58,3	50,0	43,3
123	K17+688,927	62,3	56,0	48,0	61,0	49,0	45,3
124	K17+707,790	61,3	58,3	50,0	63,3	57,0	47,0
125	K17+768,897	58,0	59,0	49,0	61,0	58,0	47,0
126	K17+858,070	53,0	48,0	45,0	53,0	49,0	44,3
127	K17+977,653	53,0	46,3	43,3	54,0	46,5	41,3
128	K18+005,310	46,3	42,3	35,0	48,0	42,0	35,0
129	K18+068,580	46,3	42,3	35,0	48,0	42,0	35,0
130	K18+129,976	56,3	45,0	40,0	53,0	47,3	39,3
131	K18+209,260	58,0	47,0	42,3	54,0	50,0	42,3
132	K18+282,655	56,3	47,0	42,0	53,0	51,3	41,0
133	K18+335,180	50,3	46,0	42,0	50,0	45,0	41,0
134	K18+398,049	53,0	48,3	44,0	52,0	48,3	41,0
135	K18+413,950	55,0	50,3	44,0	54,3	51,3	43,3
136	K18+461,036	65,3	60,0	53,3	60,0	57,0	50,3
137	K18+598,270	69,3	64,0	56,0	62,0	57,3	52,0
138	K18+648,263	71,0	59,0	58,0	59,3	55,0	43,0
139	K18+765,400	53,3	45,0	44,0	53,0	45,0	42,0
140	K18+838,715	59,3	52,5	48,0	53,0	46,0	43,3

*En este elemento se evidenció la presencia de tres vías que intersecaban el elemento de tal manera que afectaban el flujo libre y por ende la distribución de velocidades.

** Este Elemento presenta vehículos en un solo sentido, debido a la presencia de una intersección hacia dónde va el otro carril del sentido contrario.

*** Estos elementos presentan interrupción al flujo libre debido a la presencia de un Peaje, y debido a que es muy común encontrar filas de carros y de camiones que se extienden en estos elementos.

3.4. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL TRAMO VIAL MEDIANTE VELOCIDADES DE DISEÑO Y OPERACIÓN.

3.4.1. Perfiles de velocidad. Con el fin de evaluar la consistencia del trazado de una vía y el comportamiento de la velocidad, se utilizan los perfiles de velocidad; ésta herramienta gráfica permite localizar puntos con dificultades en el trazado y visualizar la diferencia entre velocidades de operación, de diseño, específica y velocidades permitidas.

Para la elaboración del perfil de velocidades se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los perfiles de velocidad demarcan gráficamente la velocidad de diseño, velocidad de tramo, velocidades de operación pertenecientes a autos, buses y camiones en función continua del abscisado de la vía.
- En el diagrama se establece las velocidades de diseño y operación correspondientes (eje y) y la ubicación en la abscisa inicial de cada elemento (eje x).
- Los perfiles de velocidad se realizaron de acuerdo al sentido de tránsito a analizar.

En las gráficas siguientes se presentan los perfiles de velocidad (Ver anexo B).

Gráfico 1 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR CHAPULTEPEC – PARQUE CHIMAYOY VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO SUR – NORTE

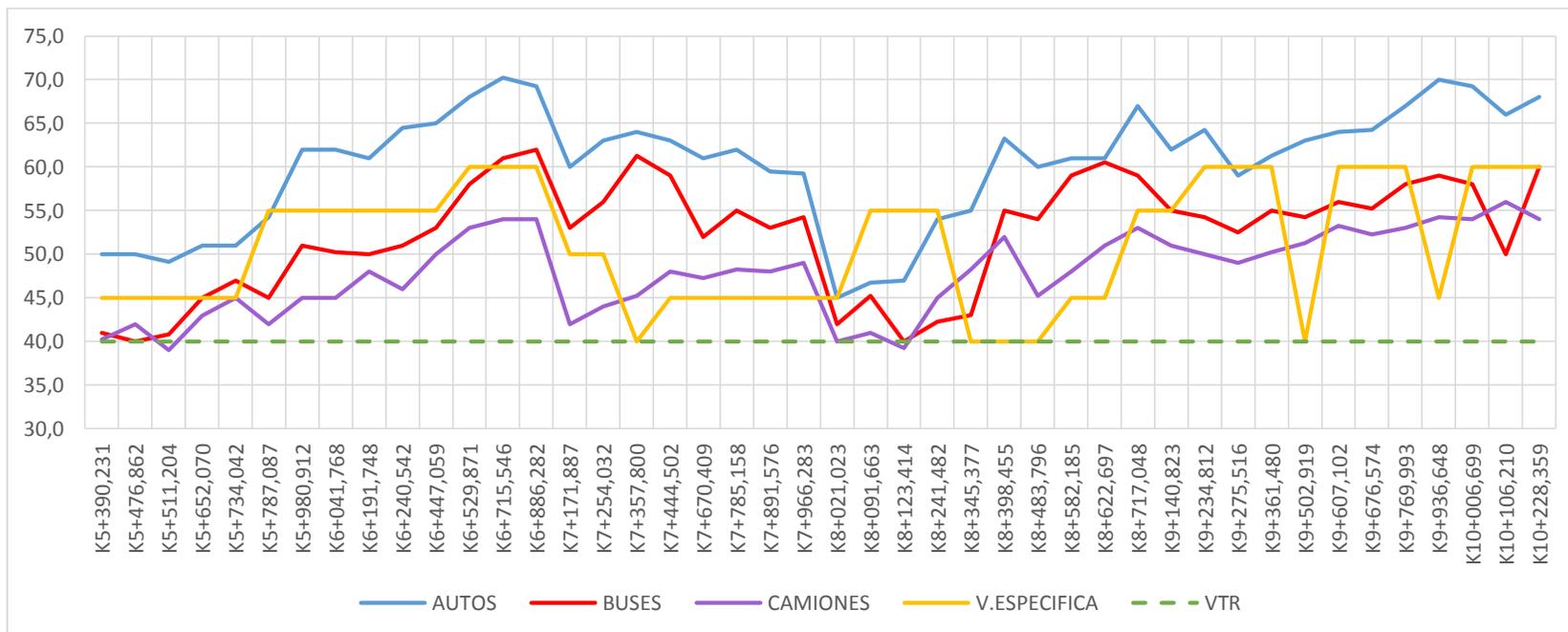


Gráfico 2 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PARQUE CHIMAYOY – PEAJE DAZA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO SUR – NORTE

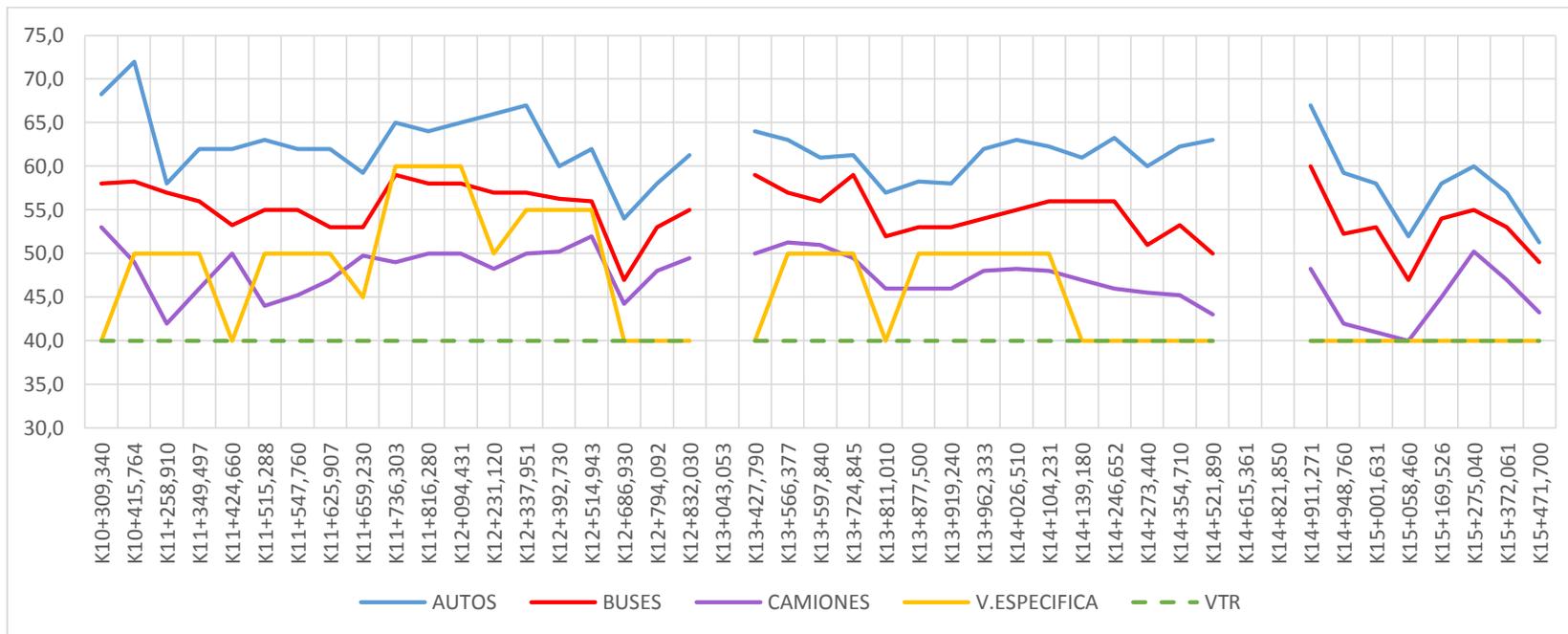


Gráfico 3 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PEAJE DAZA – PALMA ALTO VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO SUR – NORTE

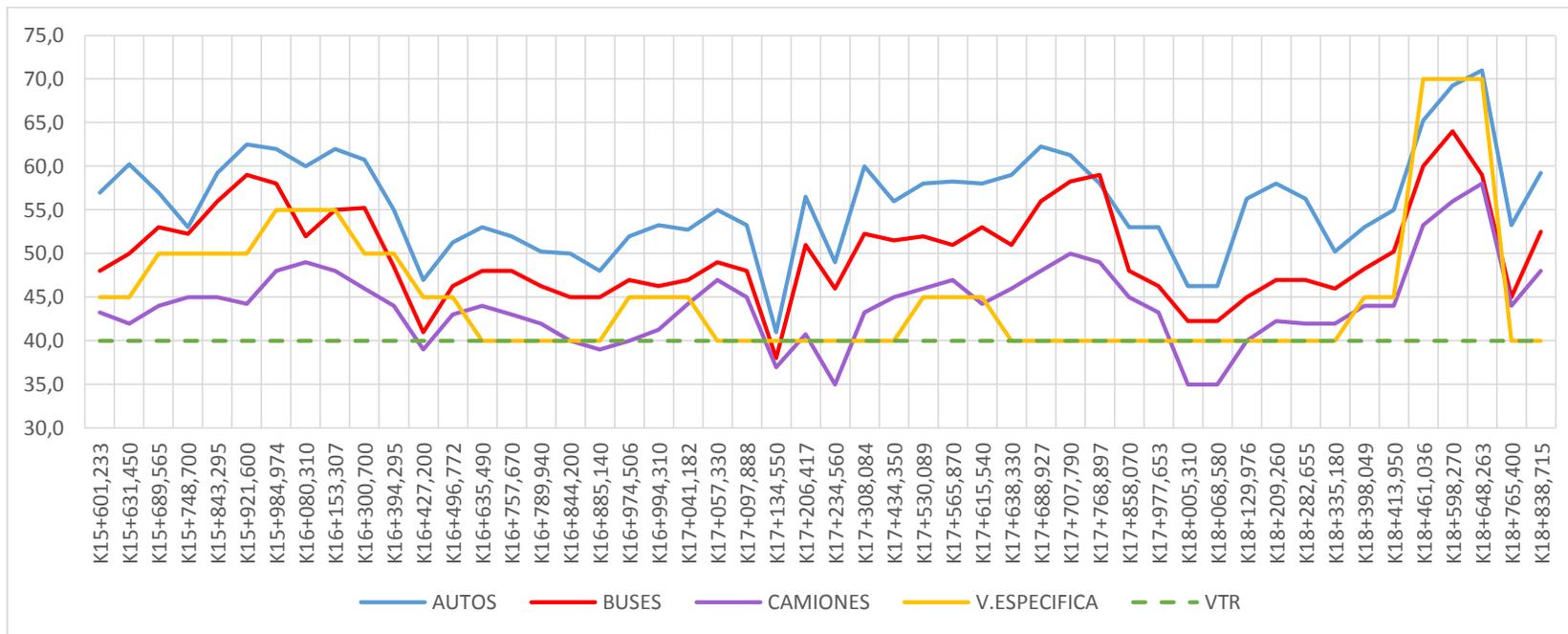


Gráfico 4 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PALMA ALTO - PEAJE DAZA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO NORTE - SUR

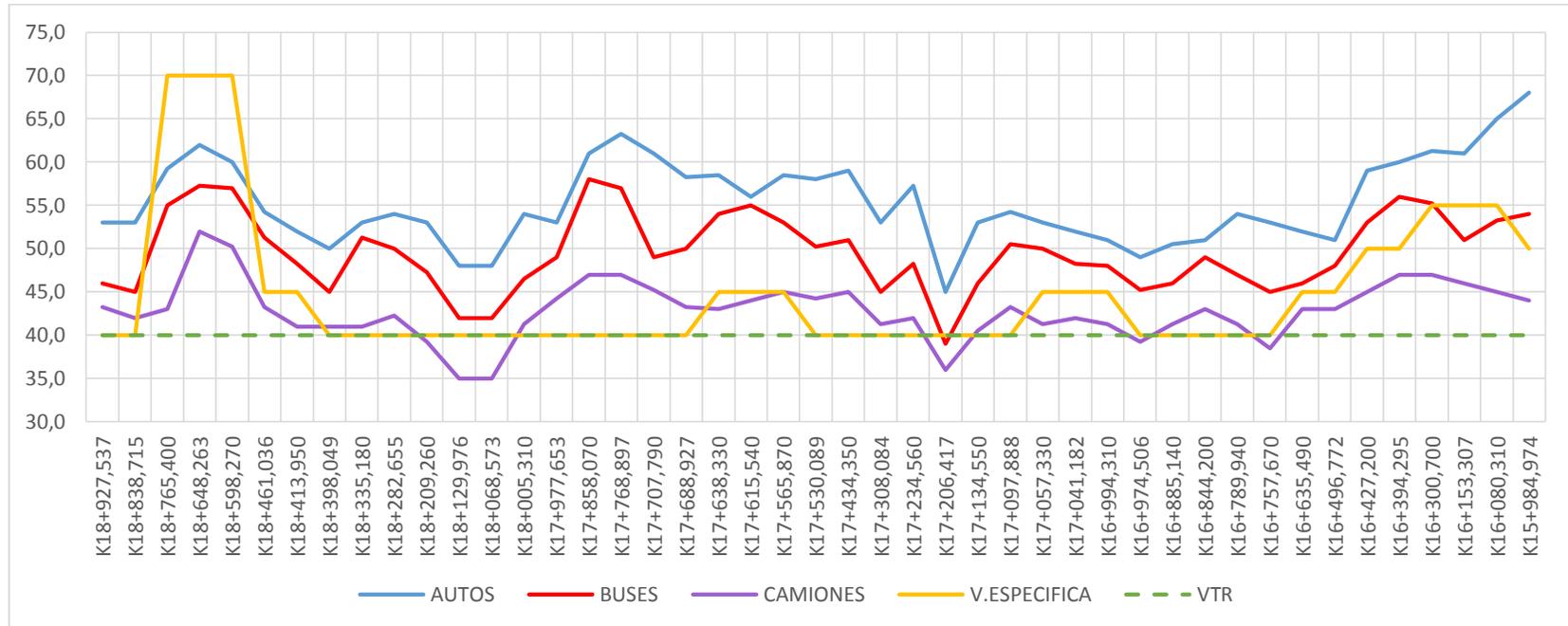


Gráfico 5 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PEAJE DAZA - PARQUE CHIMAYOY VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO NORTE - SUR

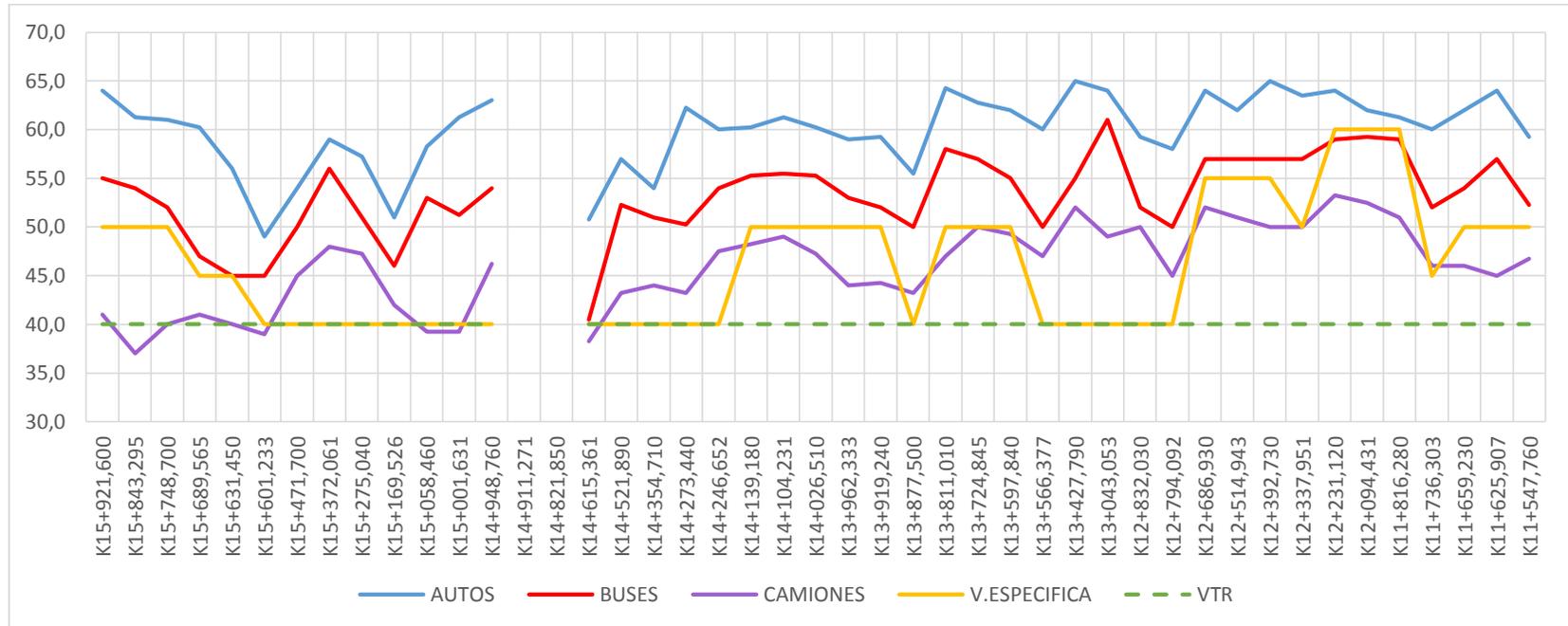
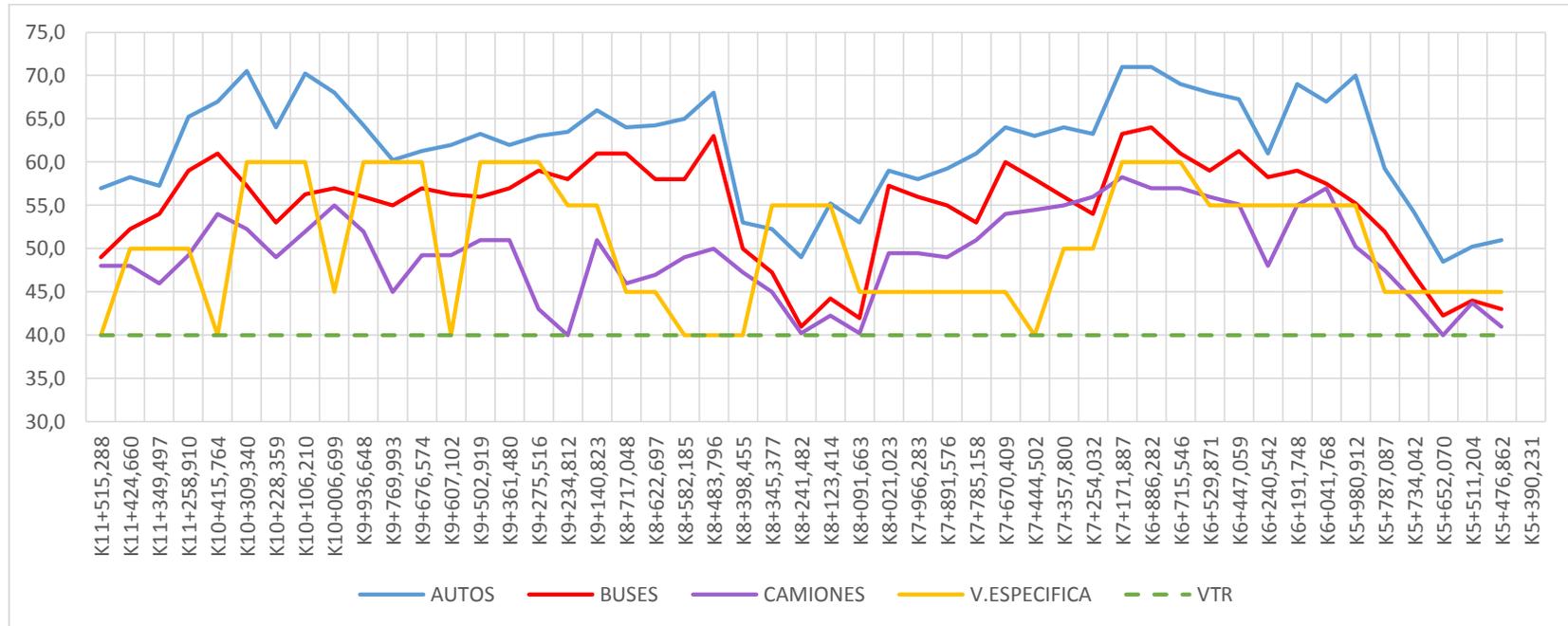


Gráfico 6 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PARQUE CHIMAYOY - CHAPULTEPEC VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO NORTE - SUR



3.4.2. Evaluación de la consistencia

La consistencia de una vía o una carretera se refiere al grado de adecuación que hay entre el comportamiento o la geometría de la misma y las expectativas que los conductores tienen de esta.

Una buena consistencia está relacionada de manera directa con la seguridad vial ya que las características geométricas adecuadas y sin rasgos inusuales son abordadas por los conductores de forma segura. Existen diferentes criterios para evaluar la consistencia de una vía ²⁷ entre estos están la velocidad de operación, los índices de trazado, la estabilidad del vehículo y la carga de trabajo del conductor.

La velocidad de operación ha sido uno de los criterios más empleados para evaluar la consistencia; por ejemplo, cuando existe un cambio brusco en el trazado vial obliga a los conductores a cambiar de forma inesperada su velocidad de operación y a cometer errores lo que se ve reflejada en casos de accidentalidad.

Cuando los diferentes elementos de un tramo vial han sido diseñados de manera adecuada consecuentemente la velocidad de operación tendrá menos variación de un elemento a otro.

Para la evaluación de la consistencia han sido estudiados diferentes criterios y entre estos los más utilizados son los propuestos por Lamm et al. (1995)²⁸ los cuales están basados en análisis de velocidad aunque el I y II son los más utilizados ya que el criterio III evalúa la diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y el demandado de una manera muy sencilla que no refleja el efecto real de la estabilidad de un vehículo con respecto a la fricción lateral entre otras observaciones.²⁹

- CRITERIO I. Comparación entre la velocidad de diseño (V_d) y la de operación (V_{85}).
- CRITERIO II. Comparación entre velocidades de operación (V_{85}) entre elementos consecutivos del trazado.

Los anteriores criterios se definen mediante la siguiente tabla experimental, planteada por el Autor mencionado.

²⁷ PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 2.

²⁸ PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 9.

²⁹ PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 3.

TABLA 14 CRITERIOS PARA EVALUAR EL NIVEL DE CONSISTENCIA

Nivel de Consistencia	Criterio I (km/h)	Criterio II (km/h)
Buena	$ V_{85} - V_d \leq 10$	$ V_{85\ i} - V_{85\ i+1} \leq 10$
Aceptable	$10 < V_{85} - V_d \leq 20$	$10 < V_{85\ i} - V_{85\ i+1} \leq 20$
Pobre	$ V_{85} - V_d > 20$	$ V_{85\ i} - V_{85\ i+1} > 20$

FUENTE: LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y SU APLICACIÓN EN EL ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE CARRETERAS PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL – CUADERNO TECNOLÓGICO DE LA PTC, - UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA – 2011.

Comparación entre la velocidad de diseño y de operación.

La evaluación de consistencia con el primer criterio de Lamm se efectuó de la siguiente manera: si la diferencia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño del elemento evaluado para determinado tipo de vehículo es menor o igual a 10 km/h se dice que este elemento tiene una buena consistencia; si esta diferencia es mayor a 10 km/h y menor o igual a 20 km/h se dice que este elemento tiene una consistencia aceptable, y si la diferencia supera los 20 km/h la evaluación de su consistencia es pobre; se debe tener en cuenta que para hacer esta evaluación la diferencia tiene que considerarse en valor absoluto, sin embargo el signo muestra si los vehículos aceleraron o frenaron. (Ver anexo B. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm).

Comparación entre velocidades de operación entre elementos consecutivos.

La evaluación de consistencia con el segundo criterio de Lamm se efectuó de la siguiente manera: si la diferencia entre la velocidad de operación del elemento evaluado y la velocidad de operación del elemento inmediatamente anterior para determinado tipo de vehículo es menor o igual a 10km/h se dice que este elemento tiene una buena consistencia; si esta diferencia es mayor a 10km/h y menor o igual a 20km/h se dice que este elemento tiene una consistencia aceptable, y si la diferencia supera los 20km/h la evaluación de su consistencia es pobre; se debe tener en cuenta que para hacer esta evaluación la diferencia tiene que considerarse en valor absoluto, sin embargo el signo muestra si los vehículos aceleraron o frenaron. (Ver anexo B. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm).

A continuación, se presentan los resultados del análisis de consistencia con base en el primer criterio y segundo criterio de Lamm en el sentido Norte - Sur y Sur - Norte correspondientemente (ver Anexo B).

TABLA 15 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA CRITERIOS DE LAMM SENTIDO SUR-NORTE

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
1	NA	NA	NA								
2	50,0	41,0	40,3	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
3	50,0	40,0	42,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
4	49,1	40,8	39,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
5	51,0	45,0	43,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
6	51,0	47,0	45,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
7	54,3	45,0	42,0	40	55	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
8	62,0	51,0	45,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
9	62,0	50,3	45,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
10	61,0	50,0	48,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
11	64,5	51,0	46,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
12	65,0	53,0	50,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
13	68,0	58,0	53,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
14	70,3	61,0	54,0	40	60	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
15	69,3	62,0	54,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	ACEPTABLE
16	60,0	53,0	42,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
17	63,0	56,0	44,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
18	64,0	61,3	45,3	40	40	POBRE	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
19	63,0	59,0	48,0	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
20	61,0	52,0	47,3	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
21	62,0	55,0	48,3	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
22	59,5	53,0	48,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
23	59,3	54,3	49,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA
24	45,0	42,0	40,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
25	46,8	45,3	41,0	40	55	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
26	47,0	40,0	39,3	40	55	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
27	54,0	42,3	45,0	40	55	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
28	55,0	43,0	48,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA
29	63,3	55,0	52,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
30	60,0	54,0	45,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
31	61,0	59,0	48,0	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
32	61,0	60,5	51,0	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
33	67,0	59,0	53,0	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
34	62,0	55,0	51,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC.	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
35	64,3	54,3	50,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
36	59,0	52,5	49,0	40	60	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
37	61,3	55,0	50,3	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
38	63,0	54,3	51,3	40	40	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
39	64,0	56,0	53,3	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
40	64,3	55,3	52,3	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
41	67,0	58,0	53,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
42	70,0	59,0	54,3	40	45	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
43	69,3	58,0	54,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
44	66,0	50,0	56,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
45	68,0	60,0	54,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
46	68,3	58,0	53,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
47	72,0	58,3	49,0	40	50	POBRE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA
48	58,0	57,0	42,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
49	62,0	56,0	46,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
50	62,0	53,3	50,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
51	63,0	55,0	44,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
52	62,0	55,0	45,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
53	62,0	53,0	47,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
54	59,3	53,0	49,8	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
55	65,0	59,0	49,0	40	60	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
56	64,0	58,0	50,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
57	65,0	58,0	50,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
58	66,0	57,0	48,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
59	67,0	57,0	50,0	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
60	60,0	56,3	50,3	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
61	62,0	56,0	52,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
62	54,0	47,0	44,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
63	58,0	53,0	48,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
64	61,3	55,0	49,5	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA			
65	NA	NA	NA								
66	64,0	59,0	50,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
67	63,0	57,0	51,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
68	61,0	56,0	51,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
69	61,3	59,0	49,5	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
70	57,0	52,0	46,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
71	58,3	53,0	46,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
72	58,0	53,0	46,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
73	62,0	54,0	48,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
74	63,0	55,0	48,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
75	62,3	56,0	48,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
76	61,0	56,0	47,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
77	63,3	56,0	46,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
78	60,0	51,0	45,5	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
79	62,3	53,3	45,3	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
80	63,0	50,0	43,0	40	40	POBRE	BUENA	BUENA			
81	NA	NA	NA								
82	NA	NA	NA								
83	67,0	60,0	48,3	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
84	59,3	52,3	42,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
85	58,0	53,0	41,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
86	52,0	47,0	40,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
87	58,0	54,0	45,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
88	60,0	55,0	50,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
89	57,0	53,0	47,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
90	51,3	49,0	43,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
91	57,0	48,0	43,3	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
92	60,3	50,0	42,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
93	57,0	53,0	44,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
94	53,0	52,3	45,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
95	59,3	56,0	45,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
96	62,5	59,0	44,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
97	62,0	58,0	48,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
98	60,0	52,0	49,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
99	62,0	55,0	48,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
100	60,8	55,3	46,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
101	55,0	48,5	44,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
102	47,0	41,0	39,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
103	51,3	46,3	43,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
104	53,0	48,0	44,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
105	52,0	48,0	43,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
106	50,3	46,3	42,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
107	50,0	45,0	40,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
108	48,0	45,0	39,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
109	52,0	47,0	40,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
110	53,3	46,3	41,3	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
111	52,8	47,0	44,3	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
112	55,0	49,0	47,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
113	53,3	48,0	45,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA
114	41,0	38,0	37,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA
115	56,5	51,0	40,8	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
116	49,0	46,0	35,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA
117	60,0	52,3	43,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
118	56,0	51,5	45,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
119	58,0	52,0	46,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
120	58,3	51,0	47,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
121	58,0	53,0	44,3	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
122	59,0	51,0	46,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
123	62,3	56,0	48,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
124	61,3	58,3	50,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
125	58,0	59,0	49,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA
126	53,0	48,0	45,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
127	53,0	46,3	43,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
128	46,3	42,3	35,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
129	46,3	42,3	35,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
130	56,3	45,0	40,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
131	58,0	47,0	42,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
132	56,3	47,0	42,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
133	50,3	46,0	42,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
134	53,0	48,3	44,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
135	55,0	50,3	44,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA
136	65,3	60,0	53,3	40	70	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
137	69,3	64,0	56,0	40	70	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
138	71,0	59,0	58,0	40	70	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
139	53,3	45,0	44,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
140	59,3	52,5	48,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA			

TABLA 16 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA CRITERIOS DE LAMM SENTIDO NORTE - SUR

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC.	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
140	53,0	46,0	43,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
139	53,0	45,0	42,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
138	59,3	55,0	43,0	40	70	ACEPTABLE	ACEPTABLE	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA
137	62,0	57,3	52,0	40	70	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
136	60,0	57,0	50,3	40	70	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
135	54,3	51,3	43,3	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
134	52,0	48,3	41,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
133	50,0	45,0	41,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
132	53,0	51,3	41,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
131	54,0	50,0	42,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
130	53,0	47,3	39,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
129	48,0	42,0	35,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
128	48,0	42,0	35,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
127	54,0	46,5	41,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
126	53,0	49,0	44,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
125	61,0	58,0	47,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
124	63,3	57,0	47,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
123	61,0	49,0	45,3	40	40	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
122	58,3	50,0	43,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
121	58,5	54,0	43,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
120	56,0	55,0	44,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
119	58,5	53,0	45,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
118	58,0	50,3	44,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
117	59,0	51,0	45,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
116	53,0	45,0	41,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
115	57,3	48,3	42,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA
114	45,0	39,0	36,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
113	53,0	46,0	40,5	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
112	54,3	50,5	43,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
111	53,0	50,0	41,3	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
110	52,0	48,3	42,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
109	51,0	48,0	41,3	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
108	49,0	45,3	39,3	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
107	50,5	46,0	41,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
106	51,0	49,0	43,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC.	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
105	54,0	47,0	41,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
104	53,0	45,0	38,5	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
103	52,0	46,0	43,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
102	51,0	48,0	43,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
101	59,0	53,0	45,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
100	60,0	56,0	47,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
99	61,3	55,3	47,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
98	61,0	51,0	46,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
97	65,0	53,3	45,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
96	68,0	54,0	44,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
95	64,0	55,0	41,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
94	61,3	54,0	37,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
93	61,0	52,0	40,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
92	60,3	47,0	41,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
91	56,0	45,0	40,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
90	49,0	45,0	39,0	40	40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
89	54,0	50,0	45,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
88	59,0	56,0	48,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
87	57,3	51,0	47,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
86	51,0	46,0	42,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
85	58,3	53,0	39,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
84	61,3	51,3	39,3	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
83	63,0	54,0	46,3	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA			
82	NA	NA	NA								
81	NA	NA	NA								
80	50,8	40,5	38,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA
79	57,0	52,3	43,3	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
78	54,0	51,0	44,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
77	62,3	50,3	43,3	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
76	60,0	54,0	47,5	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
75	60,3	55,3	48,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
74	61,3	55,5	49,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
73	60,3	55,3	47,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
72	59,0	53,0	44,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
71	59,3	52,0	44,3	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
70	55,5	50,0	43,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC.	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
69	64,3	58,0	47,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
68	62,8	57,0	50,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
67	62,0	55,0	49,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
66	60,0	50,0	47,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
65	65,0	55,0	52,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
64	64,0	61,0	49,0	40	40	POBRE	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
63	59,3	52,0	50,0	40	40	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
62	58,0	50,0	45,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
61	64,0	57,0	52,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
60	62,0	57,0	51,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
59	65,0	57,0	50,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
58	63,5	57,0	50,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
57	64,0	59,0	53,3	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
56	62,0	59,3	52,5	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
55	61,3	59,0	51,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
54	60,0	52,0	46,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
53	62,0	54,0	46,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
52	64,0	57,0	45,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
51	59,3	52,3	46,8	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
50	57,0	49,0	48,0	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
49	58,3	52,3	48,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
48	57,3	54,0	46,0	40	50	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
47	65,3	59,0	49,3	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
46	67,0	61,0	54,0	40	40	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
45	70,5	57,3	52,3	40	60	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
44	64,0	53,0	49,0	40	60	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
43	70,3	56,3	52,0	40	60	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
42	68,0	57,0	55,0	40	45	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
41	64,3	56,0	52,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
40	60,3	55,0	45,0	40	60	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
39	61,3	57,0	49,3	40	60	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
38	62,0	56,3	49,3	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
37	63,3	56,0	51,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
36	62,0	57,0	51,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
35	63,0	59,0	43,0	40	60	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
34	63,5	58,0	40,0	40	55	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE

No. Elemento	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VTR	V. ESPEC.	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	C2			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
33	66,0	61,0	51,0	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
32	64,0	61,0	46,0	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
31	64,3	58,0	47,0	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
30	65,0	58,0	49,0	40	40	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
29	68,0	63,0	50,0	40	40	POBRE	POBRE	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA
28	53,0	50,0	47,3	40	40	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
27	52,3	47,3	45,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
26	49,0	41,0	40,3	40	55	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
25	55,3	44,3	42,3	40	55	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
24	53,0	42,0	40,3	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA
23	59,0	57,3	49,5	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
22	58,0	56,0	49,5	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
21	59,3	55,0	49,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
20	61,0	53,0	51,0	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
19	64,0	60,0	54,0	40	45	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
18	63,0	58,0	54,5	40	40	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
17	64,0	56,0	55,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
16	63,3	54,0	56,0	40	50	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
15	71,0	63,3	58,3	40	60	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
14	71,0	64,0	57,0	40	60	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
13	69,0	61,0	57,0	40	60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
12	68,0	59,0	56,0	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
11	67,3	61,3	55,1	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
10	61,0	58,3	48,0	40	55	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
9	69,0	59,0	55,0	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
8	67,0	57,5	57,0	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
7	70,0	55,3	50,3	40	55	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA
6	59,3	52,0	47,5	40	45	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
5	54,3	47,0	44,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
4	48,5	42,3	40,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
3	50,3	44,0	43,7	40	45	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
2	51,0	43,0	41,0	40	45	BUENA	BUENA	BUENA			
1	NA	NA	NA								

3.5. ANÁLISIS DEL RESULTADOS

Los elementos de consistencia “Pobre”, en los sentidos de flujo Norte - Sur y Sur - Norte se detallan a continuación.

Del anterior análisis se descarta el elemento T1 ya que en el elemento se encuentran dos intersecciones que no permiten el flujo libre de los vehículos, además los elementos T81 y C82 por contener el peaje, motivo que genera una desaceleración inducida por factores ajenos al diseño geométrico del tramo vial.

El resultado de las dos evaluaciones de consistencia vial, se compiló e identifico en la tabla 17 y tabla 18, los elementos geométricos que bajo los criterios I y II coinciden en la categoría de consistencia pobre.

TABLA 17 RESUMEN PUNTOS DE INCONSISTENCIA SENTIDO SUR - NORTE

ELEMENTO	TIPO	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
18	CURVA	POBRE	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
29	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
38	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
42	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
46	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
47	TANGENTE	POBRE	BUENA	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	BUENA
50	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
64	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA			
66	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
76	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
77	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
79	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
80	CURVA	POBRE	BUENA	BUENA			
83	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
123	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
124	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA

TABLA 18 RESUMEN PUNTOS DE INCONSISTENCIA SENTIDO NORTE - SUR

ELEMENTO	TIPO	PRIMER CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
138	TANGENTE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA
125	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
124	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
123	TANGENTE	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
84	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
83	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA			
77	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
65	TANGENTE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
64	CURVA	POBRE	POBRE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
46	CURVA	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA
42	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
38	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
30	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
29	TANGENTE	POBRE	POBRE	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA
18	CURVA	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENA	BUENA	BUENA

De la misma forma se procedió a elaborar un resumen de la consistencia según cada criterio, y cada sentido a fin de tener un panorama general de la consistencia de la vía.

Gráfico 7 RESUMEN CONSISTENCIA PRIMER CRITERIO SENTIDO SUR-NORTE

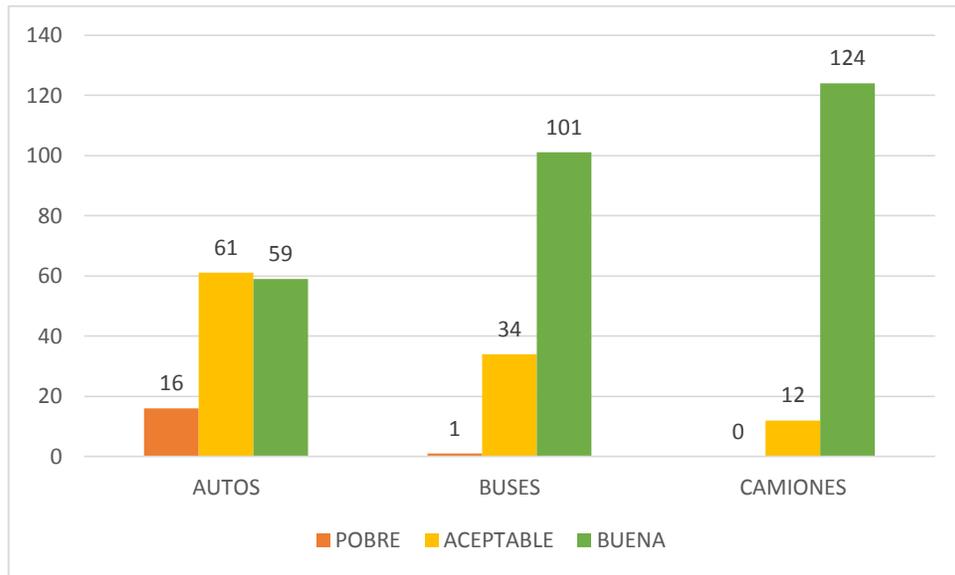


Gráfico 8 RESUMEN CONSISTENCIA SEGUNDO CRITERIO SENTIDO SUR-NORTE

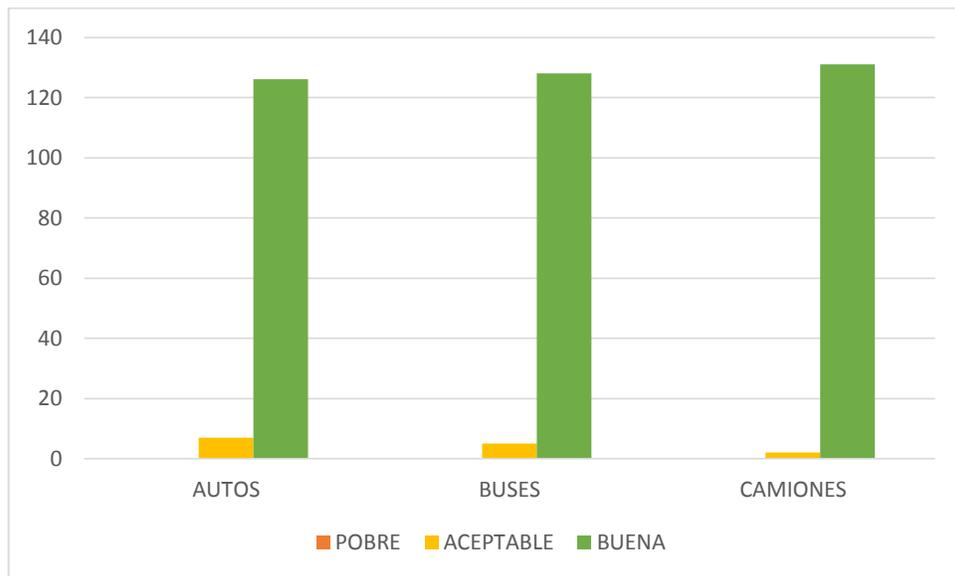


Gráfico 9 RESUMEN CONSISTENCIA PRIMER CRITERIO SENTIDO NORTE - SUR

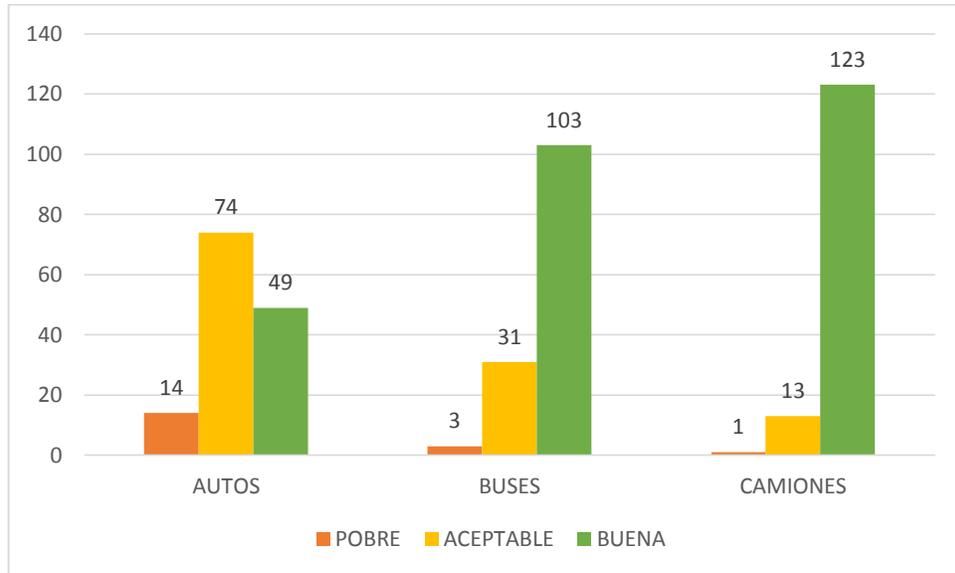


Gráfico 10 RESUMEN CONSISTENCIA SEGUNDO CRITERIO SENTIDO NORTE - SUR

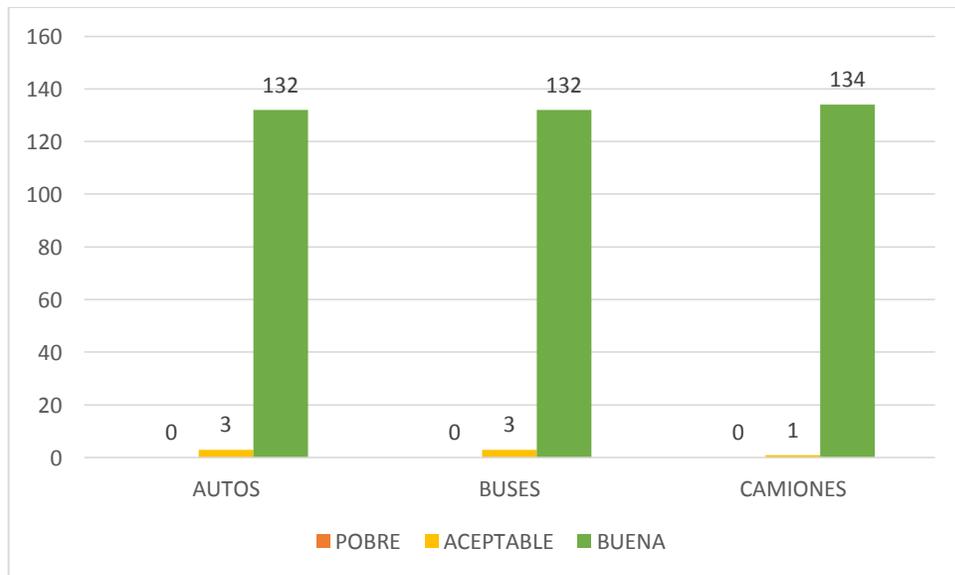


TABLA 19 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS SEGÚN CADA CRITERIO, SENTIDO SUR - NORTE

	PRIMER CRITERIO			SEGUNDO CRITERIO		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
POBRE	12%	1%	0%	0%	0%	0%
ACEPTABLE	45%	25%	9%	5%	4%	2%
BUENA	43%	74%	91%	95%	96%	98%

TABLA 20 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS SEGÚN CADA CRITERIO, SENTIDO NORTE - SUR

	PRIMER CRITERIO			SEGUNDO CRITERIO		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
POBRE	10%	2%	1%	0%	0%	0%
ACEPTABLE	54%	23%	9%	2%	2%	1%
BUENA	36%	75%	90%	98%	98%	99%

CONCLUSIONES

Analizando la consistencia vial mediante el primer criterio de Lamm, se puede concluir que en términos generales se tiene una consistencia de aceptable a buena, ya que el trazado ha permitido desarrollar velocidades entre 40 km/h y 70 km/h, lo que lo vuelve un trazado relativamente bueno y funcional, de acuerdo a las características del terreno que se tiene. Sin embargo, no se puede desconocer que existen algunos sitios críticos, donde la consistencia es pobre, y se evidencia una diferencia significativa entre la velocidad de diseño y la de operación, y debido a que se trata de una vía con un alto índice de accidentalidad este hecho debe cobrar gran importancia.

Con respecto al segundo criterio de Lamm, que compara las velocidades de operación entre elementos consecutivos del trazado. se puede decir que no existe gran diferencia entre estas, obteniendo resultados de consistencia buena, a lo largo de todo el tramo, evidenciando que los conductores no se ven enfrentados a tener que cambiar de manera brusca de velocidad ni realizar maniobras peligrosas.

Para carreteras Primarias y Secundarias el INVIAS establece como peralte máximo ocho por ciento (8%), el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados (tracto – camión con remolque) los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos, en este sentido, se puede afirmar que el tramo de vía analizado no cuenta con peraltes cómodos y seguros en algunos de sus elementos, especialmente en las curvas que poseen peraltes entre 8 y 10%, como son los elementos No. 12, 20, 22, 24, 34, 36, 40, 44 , 48, 56, 86, 90, 94, 102, 106, 110, 116, 133 y 135 situación que genera una consistencia pobre por peralte y no por el trazado geométrico; en contraste a esta situación se encontraron valores muy bajos de peralte incapaces de contrarrestar el efecto de la energía centrífuga, tal es el caso del elemento 122 con un peralte del 0,58%; además autores afirman que las variables que tienen mayor efecto sobre los accidentes son: Grado de curvatura, ancho de la carretera, longitud de la curva y peralte; por lo cual este último podría estar teniendo gran incidencia en la siniestralidad de esta vía.

El análisis de la consistencia es de gran importancia, ya que nos permite identificar las falencias que se tienen en la vía, y por lo tanto proponer alternativas para mejorar la seguridad vial, analizándola indirectamente a partir de variables disponibles, casi todas de carácter geométrico, desde la fase del proyecto; de esta manera, además, se puede tener una idea de lo que el conductor espera de la vía, así entre mejor sea la consistencia, el conductor se sentirá más cómodo, reduciendo el número de sobresaltos y por lo tanto la siniestralidad.

El análisis de estos dos criterios basados en consideraciones sobre velocidad, no basta para definir por completo la consistencia de una vía, aunque si la definen en gran medida, ya que la consistencia engloba también otras consideraciones, tanto sobre seguridad (Alineamiento horizontal, vertical, distancia de visibilidad, volumen de tráfico y estabilidad del vehículo) como sobre desempeño (carga del conductor, estética de la carretera, distancia de visibilidad y demanda visual).

Hay otros aspectos que pueden influir en la velocidad escogida por los conductores y que en la mayoría de los estudios no se tienen en cuenta. Estos factores son los relacionados con la longitud y la urgencia del viaje, o la familiaridad que el conductor tenga con el trazado y el nivel de control de la velocidad en ese tramo.

RECOMENDACIONES

Evaluar para los casos de consistencia buena que no se debe hacer ninguna corrección a la alineación, para consistencia aceptable se propone cambiar aquellas características de la alineación que pudieran mejorar la consistencia tales como: el peralte de la curva, su visibilidad, etc. y si se trata de una consistencia pobre se sugiere re-diseñar el trazado del elemento del tramo, basándose en la velocidad de operación esperada.

Complementar los estudios propuestos por Lamm, con los estudios propuestos por otros autores, debido a que la evaluación completa de la consistencia abarca otras consideraciones en los que se tienen en cuenta otras consideraciones e inclusive análisis de velocidades desde otros enfoques.

Desarrollar modelos que se adapten a nuestras condiciones, con sus respectivas expresiones matemáticas que modelen nuestras velocidades de operación, ya que de todas formas las expresiones de Lamm y de otros autores se desarrollaron en países con condiciones diferentes a las nuestras. Dado que Colombia presenta una topografía muy diversa que varía desde terrenos planos hasta escarpados, requiere parámetros de diseño específicos para cada uno de estos.

Observar que este modelo, como muchos otros estima únicamente el percentil 85 de la velocidad y no distingue entre otros factores como la velocidad media, y los factores de dispersión de la velocidad, lo que provoca resultados que pueden ser difíciles de interpretar. Es posible que una carretera con una alta velocidad media y una baja variabilidad en las velocidades, tenga el mismo percentil 85 de velocidad que una carretera con una velocidad media baja y una alta variabilidad. Por lo tanto, para evitar este problema se debe tener especial atención en la velocidad en flujo libre, teniendo en cuenta que los datos que se alejen mucho de la velocidad media y que en consecuencia provoquen una dispersión muy alta en la velocidad, probablemente no cumplan con este criterio y se deban descartar.

Seguir metodologías que permitan la obtención de datos continuos de la velocidad, tales como vehículos instrumentados equipados con GPS o la grabación y posterior tratamiento de videos, ya que solo de esta manera se podrán reducir casi por completo los 3 tipos de errores encontrados en este tipo de metodología de toma de datos puntuales: error de coseno, error humano en la medida de velocidades, variación del comportamiento de los conductores al percibir el equipo de medida.

BIBLIOGRAFÍA

BOX, Paul C y OPPENLANDER, Joseph C. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. 4ª ed. México, D.F, 1985.

Cuaderno Tecnológico de la PTC, - Universidad Politécnica de Valencia – 2011, La velocidad de operación y su aplicación en el análisis de la consistencia de carreteras para la mejora de la seguridad vial.

EWING, R. Traffic Calming Impacts. In Traffic Calming: State and Practice. Washington, D.C. Institute of Transportation Engineers. 1999

GARBER, Nicholas; HOEL, Lester. Ingeniería de tránsito y de carreteras: operaciones de tránsito. México: 2005. 68, 83, 84p.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008. Bogotá – Colombia: 2008. 39, 298p.

MERINO, Luis. Propuesta del modelo de evaluación para la inspección visual de los dispositivos de seguridad vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo vial ruta 2501 de la Troncal de Occidente desde el km 5+000 al km+83+000 sector Ipiales – Pasto. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Pasto. Universidad de Nariño, 2010.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 339 de 26 de febrero de 1999. Bogotá – Colombia, 1999.

PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo. Cuaderno Tecnológico de la PTC - La Velocidad De Operación y su Aplicación en el Análisis de la Consistencia de Carreteras para la Mejora de la Seguridad Vial. 6 ed. Madrid: Universidad Politécnica de Valencia: 2011. 2, 3, 9, 10, 23, 25, 39, 64p.

UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ. Diseño Geométrico de vías.

ANEXO A

Planos Planta - Perfil de la vía Pasto Chachagüi

ANEXO B

Hojas de Cálculo

ANEXO C

Registro Fotográfico.