

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 afirmado<sup>1</sup>.

**Carril.** Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos<sup>2</sup>.

**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 vial<sup>3</sup>.

**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.

---

<sup>1</sup>INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Página Web. Glosario.

<sup>2</sup>Ibíd.

<sup>3</sup>Ibíd.

**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 tramos<sup>4</sup>.

**Señalización horizontal.** Elemento señalizador colocado o pintado en el pavimento<sup>5</sup>.

**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 mismas<sup>6</sup>.

**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 verticales<sup>7</sup>.

---

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> *Ibíd.*

<sup>6</sup> INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Pagina Web, Op. cit.

<sup>7</sup> 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 Diseño<sup>8</sup>.

**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 comodidad<sup>9</sup>.

**Velocidad de operación.** Velocidad promedio que desarrollan el 85% de los usuarios en un tramo determinado de una vía<sup>10</sup>.

**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 animales<sup>11</sup>.

---

<sup>8</sup> INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Pagina Web, Op. cit.

<sup>9</sup> *Ibíd.*

<sup>10</sup> *Ibíd.*

<sup>11</sup> *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 Pacífico<sup>12</sup>.

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 país<sup>13</sup>.

### 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 dado<sup>14</sup>.

**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”<sup>15</sup>.

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.

---

<sup>12</sup> Ministerio de Transporte Resolución 339 de 26 de febrero de 1999

<sup>13</sup> [Presidencia.gov.co/prensa\\_new/sne/2005/octubre/31/11312005.htm](http://Presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2005/octubre/31/11312005.htm)

<sup>14</sup> Diseño geométrico de vías. Universidad de Ibagué 2014

<sup>15</sup> 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.<sup>16</sup>

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 carretera<sup>17</sup>.

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%.

---

<sup>16</sup> Manual de Señalización de tránsito. Santiago de Chile. 2012.

<sup>17</sup> 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 así<sup>18</sup>:

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: <sup>19</sup>

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 velocidad<sup>20</sup>.

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

---

<sup>18</sup> PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 39.

<sup>19</sup> GARBER, Nicholas; HOEL, Lester, Op. Cit. p. 83.

<sup>20</sup> 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 policial<sup>21</sup>. 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.

---

<sup>21</sup> 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...

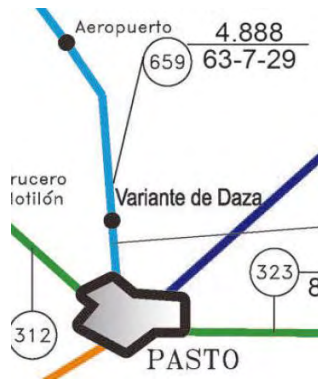
Se tuvo también acceso a los volúmenes de tránsito de la vía, suministrados en el portal del Instituto Nacional de Vías INVIAS, según los cuales se encuentra la siguiente información (Ver Tabla 1) .

**TABLA 1 COMPOSICIÓN DE TRANSITO AÑOS 2010-2011**

| Vía                        | TPDs         |             |
|----------------------------|--------------|-------------|
|                            | 2010         | 2011        |
| <b>Pasto - Aeropuerto</b>  | 4490         | 4888        |
| <b>Composición % A B C</b> | 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.

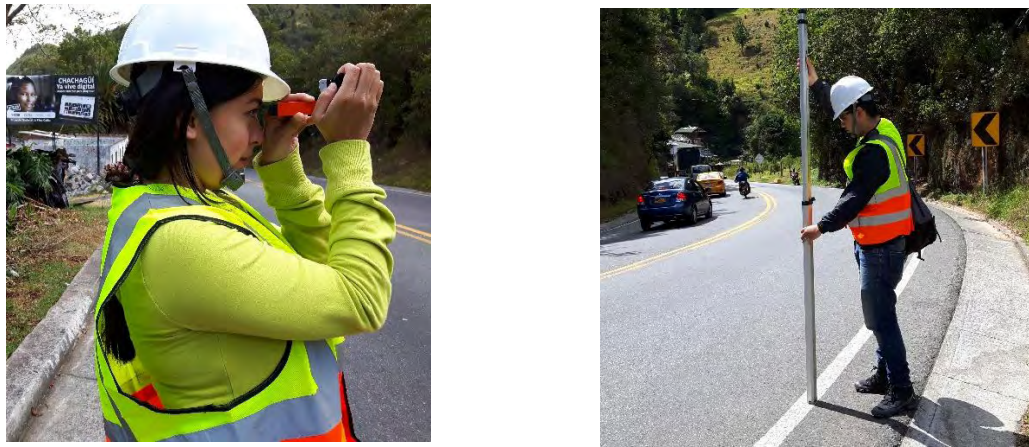
Previo desarrollo del trabajo de campo, se realizó un recorrido al tramo de estudio, con ayuda de un GPS de navegación y la información suministrada por los planos, con el fin de determinar el estado del pavimento, señalización, identificación de los elementos geométricos, así como la existencia de intersecciones, 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 vehículos<sup>22</sup>. 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: 
$$N = \left( \frac{K * S}{E} \right)^2$$

---

<sup>22</sup> 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/h<sup>23</sup>

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

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

<sup>23</sup> 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 curvas**<sup>24</sup>: 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**

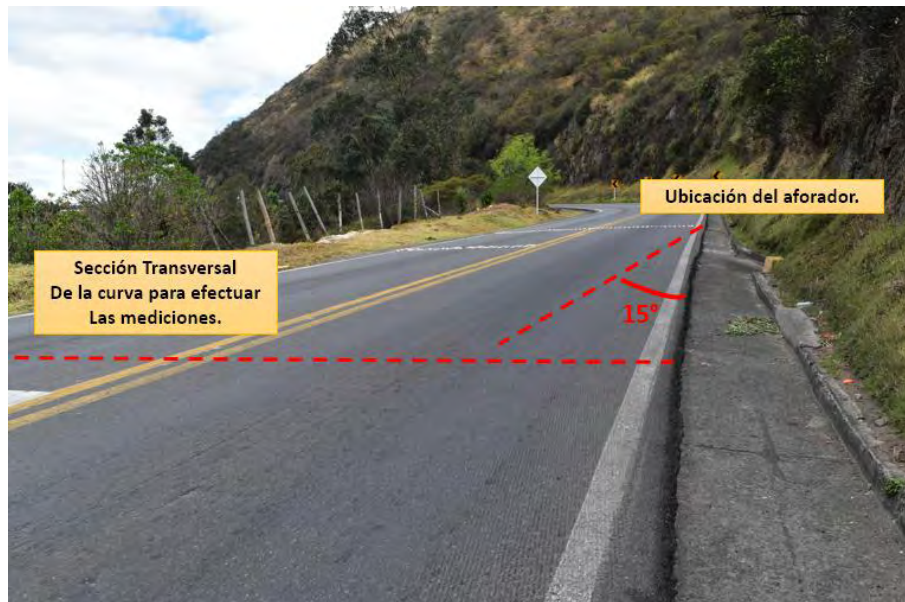


<sup>24</sup> PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 23.

**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 flujo<sup>25</sup>.

**FIGURA. 5 ESQUEMA DE MEDICIÓN EN TANGENTE**



<sup>25</sup> 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**

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

| Lectura (KPH) <sup>1</sup> |   |   |    |       |    | 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 observaciones<sup>26</sup>.

El criterio I  $|V_{85} - V_d|$  es un buen indicador de la inconsistencia en un elemento singular, mientras que el criterio II ( $\Delta V_{85}$ ), 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.

---

<sup>26</sup> PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 3.

Tabla 4 CRITERIOS DE CONSISTENCIA DE LAMM

| <b>Nivel de Consistencia</b> | <b>Criterio I (km/h)</b>      | <b>Criterio II (km/h)</b>            |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 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               |
| <b>Nº ELEMENTO</b> | <b>TIPO DE ELEMENTO</b> | <b>SENTIDO</b> | <b>DEFLEXIÓN</b> | <b>RADIO</b> | <b>PERALTE (%)</b> | <b>LONGITUD DE ELEMENTO</b> | <b>ABSCISA INICIAL</b> | <b>ABSCISA FINAL</b> | <b>PENDIENTE (%)</b> |
| 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 <sub>CH</sub> = 40<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 50<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 60<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 70<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 80<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 90<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 100<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 110<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 120<br>km/h<br>R (m) | V <sub>CH</sub> = 130<br>km/h<br>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<br>MEDIDAS DE VELOCIDAD<br>FORMATO DE CAMPO |                               |                    | UNIVERSIDAD DE NARIÑO<br>PROGRAMA DE INGENIERIA<br>INGENIERIA CIVIL |  |
|---|--|--|-------------------------------|--------------------|---|--|
| Fecha: 2 AGOSTO 2016  |  | Localización: K5+390   |                               | Sentido: SUR-NORTE |   |  |
| Hora Inicio: 7:20 AM  |  | Estado del Pavimento: BUENO  |                               | Elemento: C2       |   |  |
| Hora Final: 11:52 AM  |  | Condición Climática: PRESENCIA DE POCAS NUBES                            |                               | Pag: 1 de: 273     |   |  |
| Aforador: DIEGO ARMANDO RAMIREZ   |  |  | Supervisor: MARÍA XIMENA MORA |                    |   |  |

| No | Lectura (KPH) <sup>1</sup> |    |      | 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 datos que permite obtener los intervalos de clase para identificar las frecuencias relativa y acumulada 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<br>GRUPOS DE VELOCIDAD<br>KM/H |       | PUNTO MEDIO<br>$V_i$ (KM/H) | FRECUENCIA OBSERVADA |                       | FRECUENCIA ACUMULADA |                          |
|--|-------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
|  |       |                             | ABSOLUTA<br>$f_i$    | RELATIVA<br>$f_i(\%)$ | ABSOLUTA<br>$f_{ia}$ | RELATIVA<br>$f_{ia}(\%)$ |
| 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<br>GRUPOS DE VELOCIDAD<br>KM/H |      | PUNTO MEDIO<br>$V_i$ (KM/H) | FRECUENCIA OBSERVADA |                       | FRECUENCIA ACUMULADA |                          |
|--|------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
|  |      |                             | ABSOLUTA<br>$f_i$    | RELATIVA<br>$f_i(\%)$ | ABSOLUTA<br>$f_{ia}$ | RELATIVA<br>$f_{ia}(\%)$ |
| 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<br>GRUPOS DE VELOCIDAD<br>KM/H |        | PUNTO MEDIO<br>Vi(KM/H) | FRECUENCIA OBSERVADA |                   | FRECUENCIA ACUMULADA |                    |
|--|--------|-------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
|  |        |                         | ABSOLUTA<br>fi       | RELATIVA<br>fi(%) | ABSOLUTA<br>fia      | RELATIVA<br>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<br>SENTIDO SUR - NORTE |       |          | VELOCIDAD DE OPERACIÓN<br>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<br>SENTIDO SUR - NORTE |       |          | VELOCIDAD DE OPERACIÓN<br>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     |
| <b>65 **</b> | 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     |
| <b>81***</b> | K14+615,361 | NA   | NA    | NA       | NA   | NA    | NA       |
| <b>82***</b> | 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<br>SENTIDO SUR - NORTE |       |          | VELOCIDAD DE OPERACIÓN<br>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<br>SENTIDO SUR - NORTE |       |          | VELOCIDAD DE OPERACIÓN<br>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.

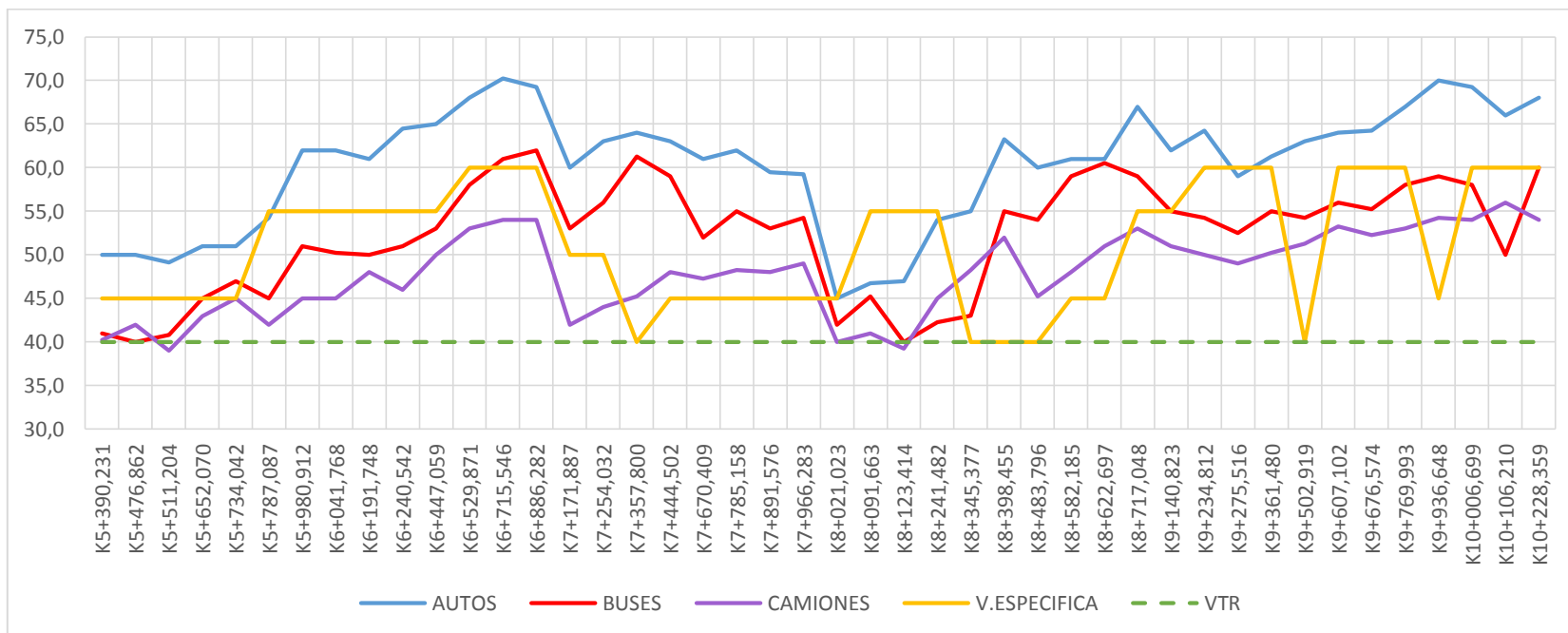
3.4.1. Perfiles de velocidad. Con el fin de evaluar la consistencia del trazado de una vía y el comportamiento de la velocidad, se utilizan los perfiles de velocidad; ésta herramienta gráfica permite localizar puntos con dificultades en el trazado y visualizar la diferencia entre velocidades de operación,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

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

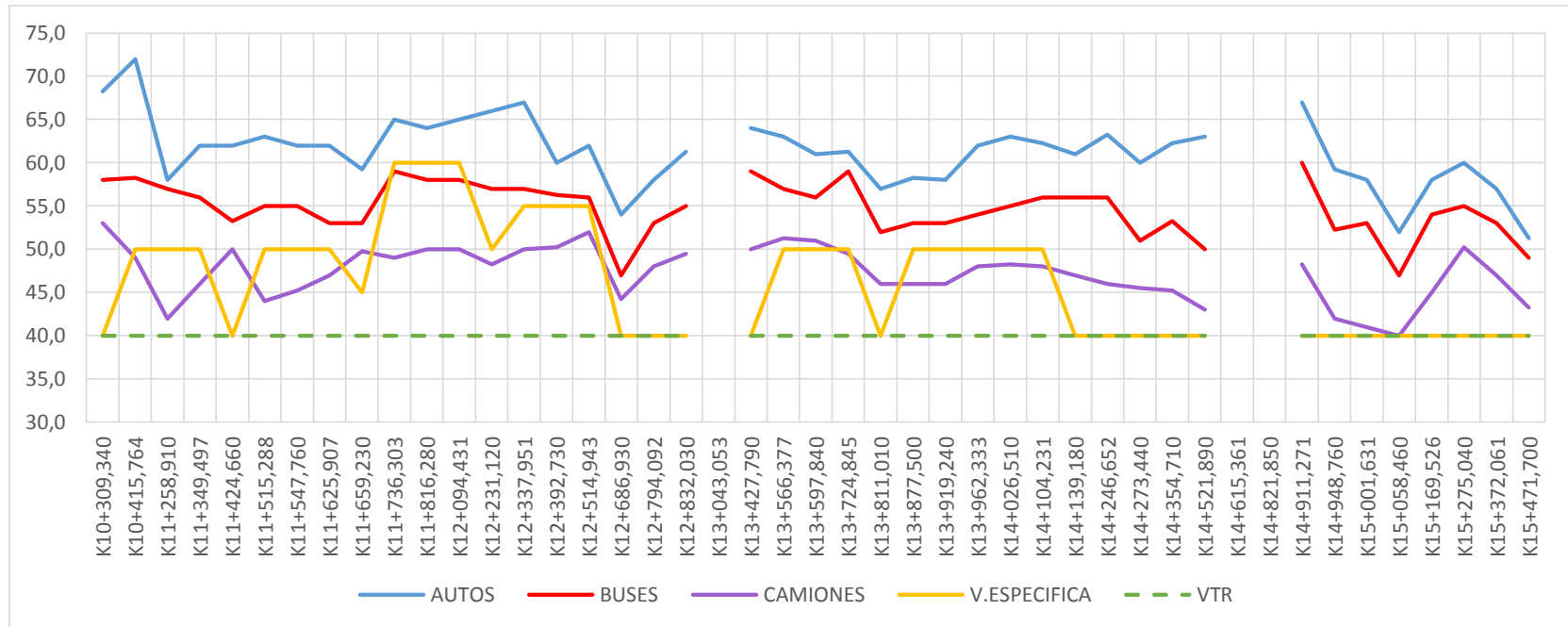
- Los perfiles de velocidad demarcan gráficamente la velocidad de diseño, velocidad de tramo, velocidades de operación pertenecientes a autos, buses y camiones en función continua del abscisado de la vía.
- En el diagrama se establece las velocidades de diseño y operación correspondientes (eje y) y la 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).

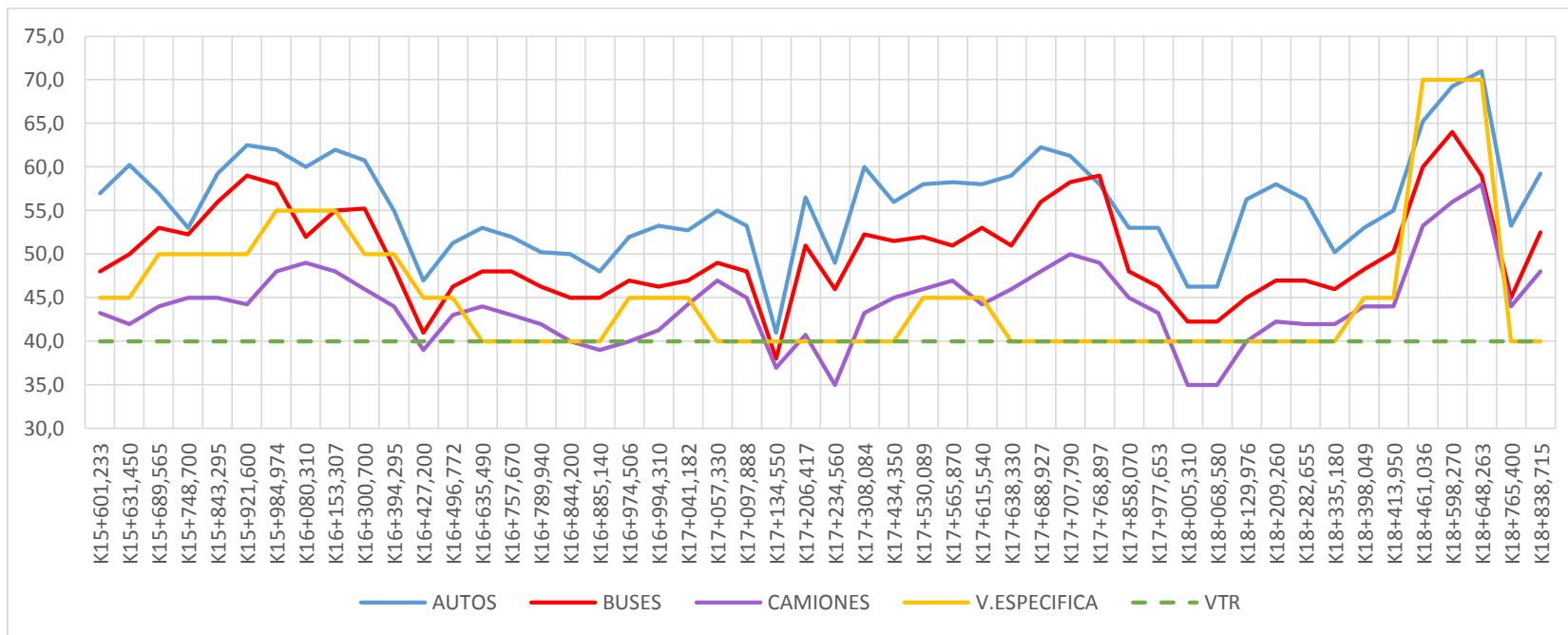
**Gráfico 1 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR CHAPULTEPEC – PARQUE CHIMAYOY VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO SUR – NORTE**



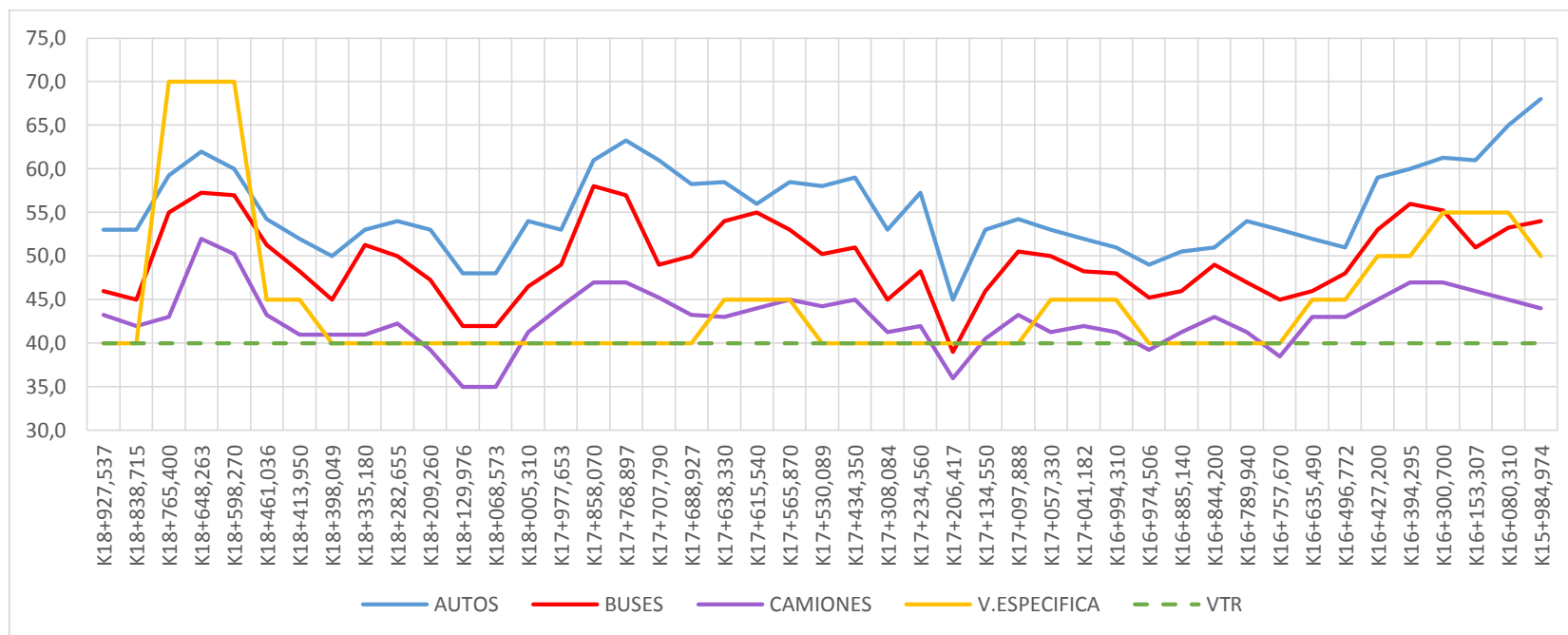
**Gráfico 2 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PARQUE CHIMAYOY – PEAJE DAZA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO SUR – NORTE**



**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**

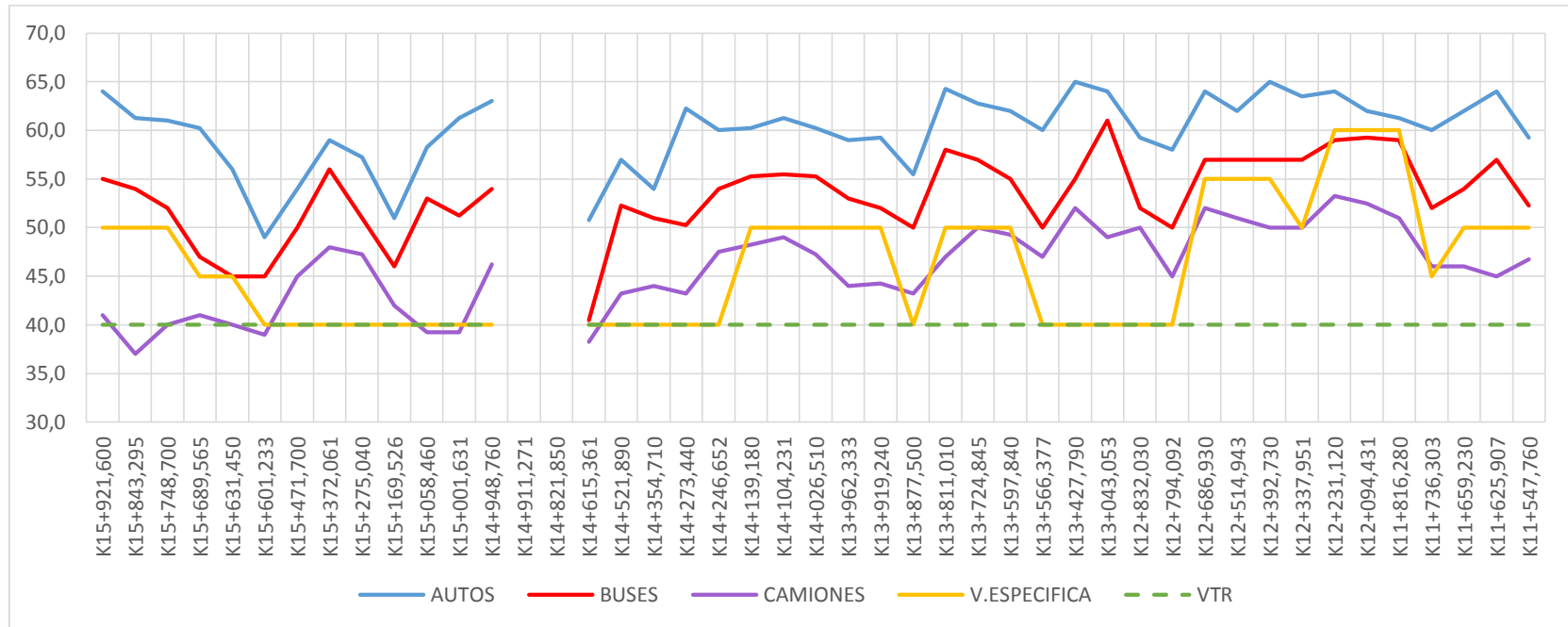


**Gráfico 4 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PALMA ALTO - PEAJE DAZA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO NORTE - SUR**

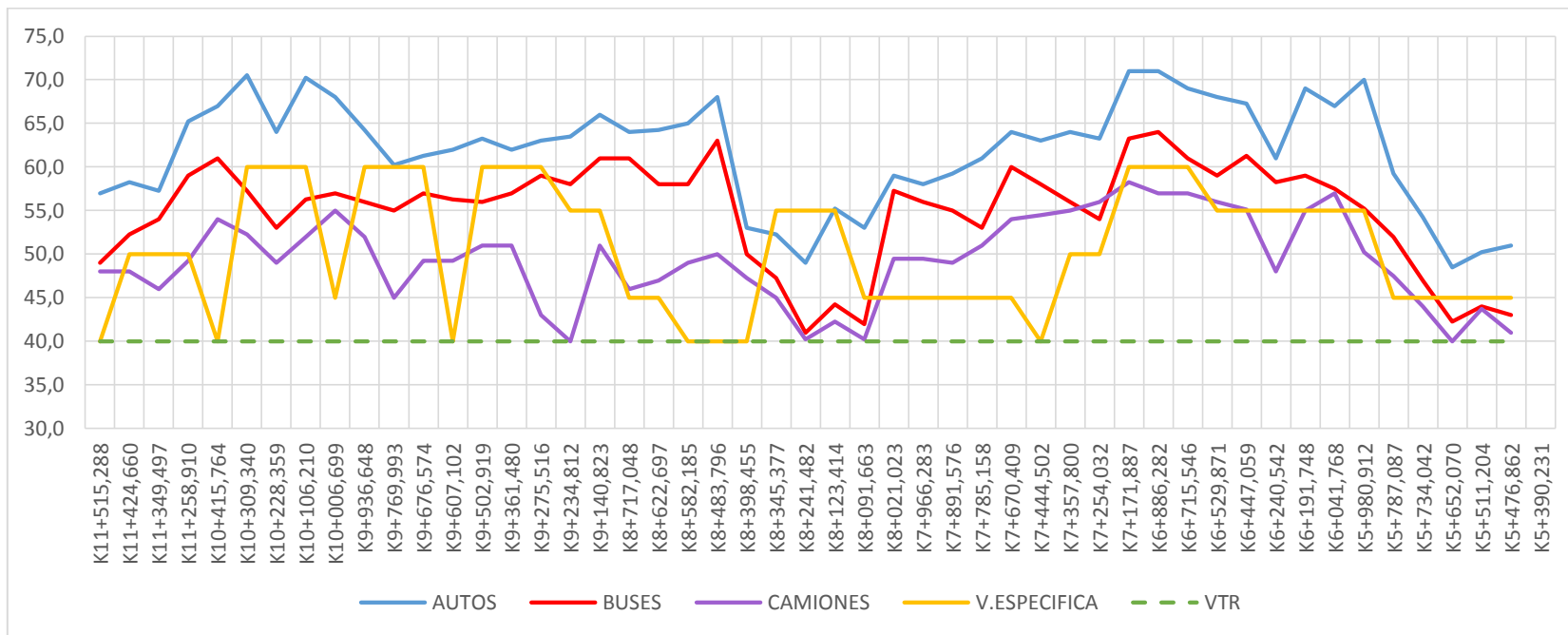




**Gráfico 5 PERFIL DE VELOCIDADES SECTOR PEAJE DAZA - PARQUE CHIMAYOY VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE AUTOS, BUSES Y CAMIONES DE DOS EJES; VELOCIDAD ESPECÍFICA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. SENTIDO NORTE - SUR**



**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 <sup>27</sup> 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)<sup>28</sup> 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.<sup>29</sup>

- 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.

---

<sup>27</sup> PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 2.

<sup>28</sup> PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 9.

<sup>29</sup> PÉREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCÍA, Alfredo, Op. Cit. p. 3.

**TABLA 14 CRITERIOS PARA EVALUAR EL NIVEL DE CONSISTENCIA**

| <b>Nivel de Consistencia</b> | <b>Criterio I (km/h)</b>      | <b>Criterio II (km/h)</b>                |
|------------------------------|-------------------------------|--|
| 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<br>CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO |           |           | SEGUNDO CRITERIO DE LAMM<br>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<br>CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO |           |           | SEGUNDO CRITERIO DE LAMM<br>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<br>CONSISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO |           |           | SEGUNDO CRITERIO DE LAMM<br>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**

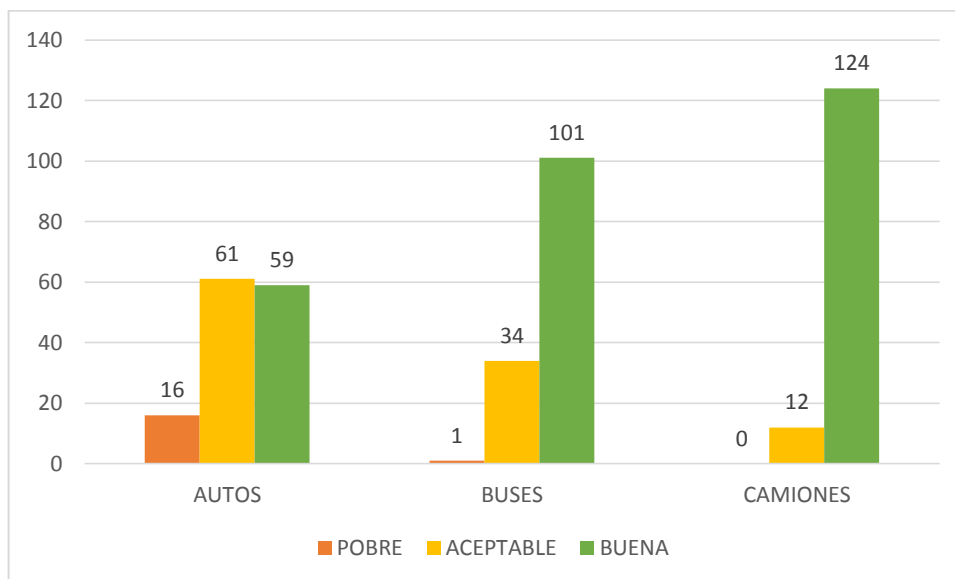
| ELEMENTO | TIPO     | PRIMER CRITERIO DE LAMM<br>CONSISTENCIA VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO |           |           | SEGUNDO CRITERIO DE LAMM<br>CONSISTENCIA VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS |       |          |
|----------|----------|--|-----------|-----------|---|-------|----------|
|          |          | 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**

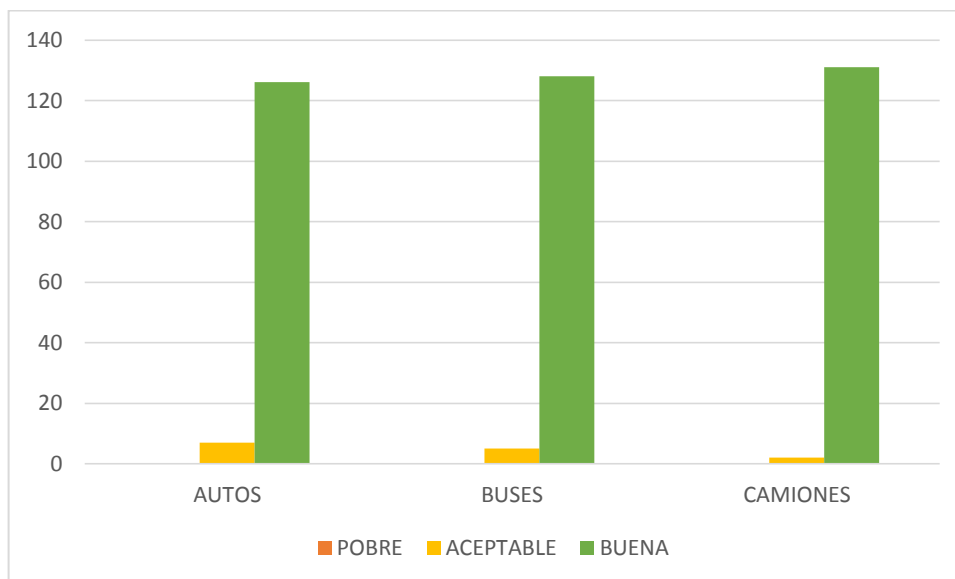
| ELEMENTO | TIPO     | PRIMER CRITERIO DE LAMM<br>CONSISTENCIA VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO |           |           | SEGUNDO CRITERIO DE LAMM<br>CONSISTENCIA VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS |           |          |
|----------|----------|--|-----------|-----------|---|-----------|----------|
|          |          | 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.

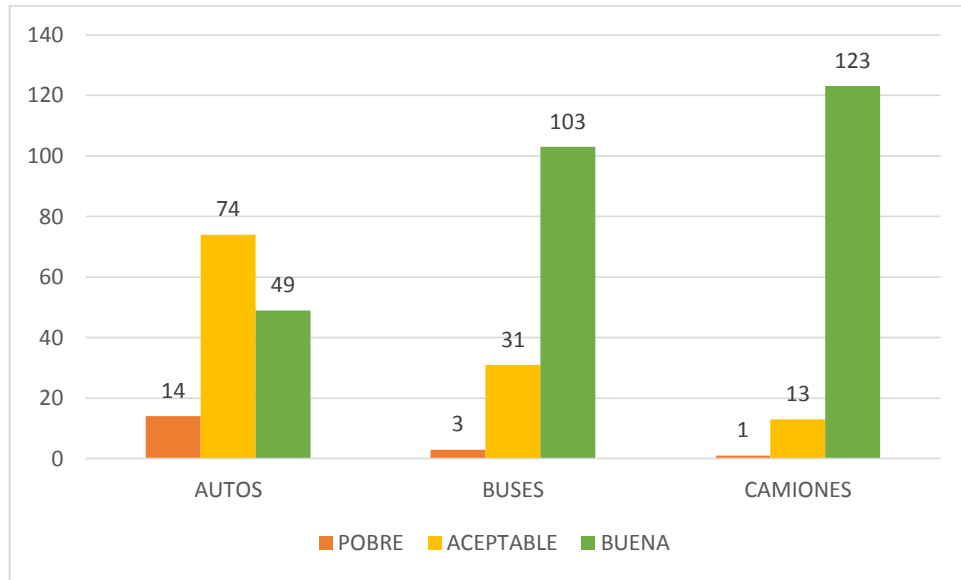
**Gráfico 7 RESUMEN CONSISTENCIA PRIMER CRITERIO SENTIDO SUR-NORTE**



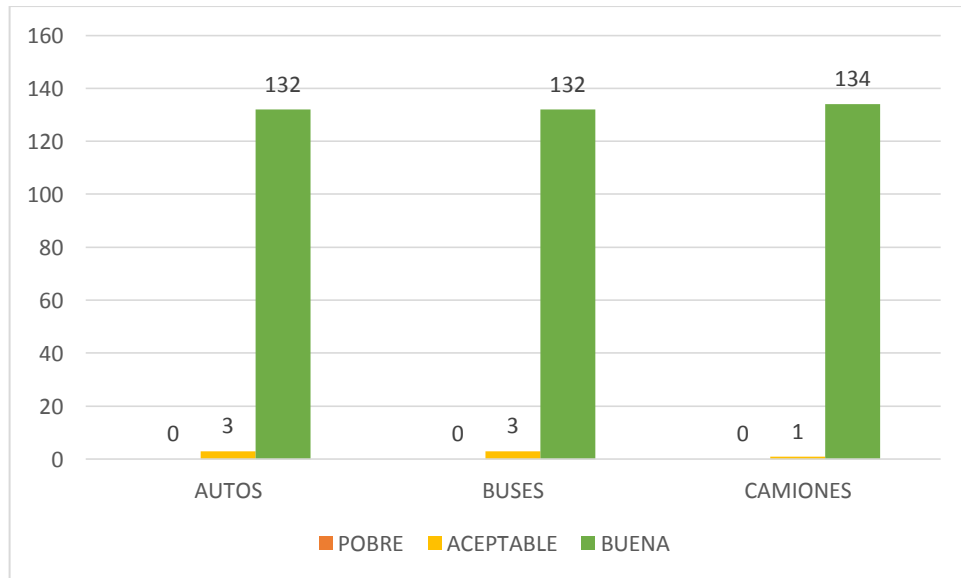
**Gráfico 8 RESUMEN CONSISTENCIA SEGUNDO CRITERIO SENTIDO SUR-NORTE**



**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 |
| <b>POBRE</b>     | 12%             | 1%    | 0%       | 0%               | 0%    | 0%       |
| <b>ACEPTABLE</b> | 45%             | 25%   | 9%       | 5%               | 4%    | 2%       |
| <b>BUENA</b>     | 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 |
| <b>POBRE</b>     | 10%             | 2%    | 1%       | 0%               | 0%    | 0%       |
| <b>ACEPTABLE</b> | 54%             | 23%   | 9%       | 2%               | 2%    | 1%       |
| <b>BUENA</b>     | 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.