

**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**

**CRUZ JANNETH LUCIA ERAZO MAFLA  
SANDRA DEL PILAR PAZ JOJOA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
PASTO  
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**

**CRUZ JANNETH LUCIA ERAZO MAFLA  
SANDRA DEL PILAR PAZ JOJOA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director:  
ING. M. Sc.: JORGE LUÍS ARGOTY BURBANO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
PASTO  
2013**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Asesor**

---

**San Juan de Pasto, Agosto de 2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

Un gran agradecimiento a nuestro Director de Tesis, el **ING.MSC. JORGE LUÍS ARGOTY BURBANO** por su atención, colaboración, paciencia y respaldo en el desarrollo de nuestro proyecto,

**ING. LUIS ARMANDO MERINO E ING. LUIS CARLOS UNIGARRO**, Docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño, por compartir sus conocimientos, por su paciencia, colaboración y entrega, quienes como jurados con su sabiduría y asesoría garantizaron que el presente trabajo se culmine con éxito.

A la Universidad de Nariño especialmente a la Facultad de Ingeniería, docentes y personal administrativo por los servicios prestados en todos estos años.

## DEDICATORIA

A mis padres Ramiro Erazo y Lucia Mafla

A mis hermanas Paola y Alejandra.

A mi compañero y amigo Omar.

A mi amiga Sandra Paz

A mi familia, a mis amigos (as).

*"Sólo cabe progresar cuando se piensa en grande, sólo es posible avanzar cuando se mira lejos."*

*José Ortega y Gasset.*

## DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por darme la vida, la fortaleza, la paciencia y la sabiduría para afrontar este pasó en mi vida y seguir adelante luchando para ser cada día mejor persona y mejor profesional.

A mis padres Jaime Paz y Lidia Jojoa quienes con sacrificio y amor fraternal me han apoyado y acompañado en todo momento así como también lo han hecho mis hermanos Juan, Fernando y Andrés.

A mi abuelita Ana María que desde alguna parte me ha acompañado en el camino y que gracias a sus consejos he podido mantenerme luchando ante todo en los momentos difíciles de mi vida.

A mi amiga y compañera Janneth quien pacientemente me acompaño en este proyecto y quien deseo de corazón buenas cosas en su vida.

A mis amigas, amigos, familiares, compañeros, colegas y a todas las personas que de una forma u otra estuvieron presentes he hicieron que hoy esto fuera posible.

*Cuando nos enfrentamos a la vida nos damos cuenta que no es suficiente esperar, que el mundo da la oportunidad de prepararse, conocer y saber afrontar obstáculos para ser cada vez mejores y así emprender nuevos retos.*

Sandra Del Pilar Paz Jojoa

## RESUMEN

El proyecto se desarrolla siguiendo una metodología que permite evaluar la consistencia de un tramo de una de las principales vías del departamento de Nariño, a través de la velocidad de operación medida en curvas y rectas como velocidad puntual.

Con la información obtenida se procede a realizar un análisis que consiste en la comparación de la velocidad de operación con la velocidad de diseño y el cambio de velocidad entre elementos consecutivos y su posterior evaluación con los criterios I y II de Lamm lo que permite determinar la consistencia de cada elemento del tramo estudiado y la consistencia del tramo en sí mismo.

El tramo elegido comprende 15 km entre el sector El Tambor y la salida Sur de la ciudad de Pasto y hace parte de la vía conocida como Ruta 25 Pasto – Ipiales. Como primer paso se consultan diferentes métodos ya utilizados para medir la velocidad de operación de los vehículos en las vías, y dentro de estos se elige un método manual en el que se utiliza una pistola radar medidora de velocidad puntual cuyo funcionamiento se basa en el principio Doppler.

Luego de haber elegido el método se determina la muestra de vehículos que se medirán, para esto se realiza un conteo vehicular piloto en la zona de estudio y se tiene en cuenta también los volúmenes de tránsito de INVIAS del año 2008. A partir de lo anterior, se determina como vehículos de estudio los denominados automóviles, buses y camiones de dos ejes y posteriormente, se calcula la cantidad de muestras a efectuar para cada tipo de vehículo gracias a una expresión estadística que tiene en cuenta la desviación estándar, el error admitido por el investigador y nivel de confiabilidad.

Como parte del trabajo de campo se hace una identificación de cada elemento (curva y tangente) del tramo, al mismo tiempo que se realiza la medición del peralte máximo de cada curva como parámetro para obtener la velocidad de diseño de dichas curvas.

La medición de la velocidad de operación se realiza en días ordinarios, sábados, domingos y festivos en condiciones favorables y de flujo libre, los datos medidos se anotan en un formato, uno por cada sentido del elemento.

Finalizada la etapa de toma de datos, se inicia el proceso de sistematización y análisis, de lo cual se obtienen la velocidad de operación en cada elemento por tipo de vehículo y por cada sentido del flujo; se procede entonces a elaborar los perfiles de velocidad del tramo para contrastar la velocidad de diseño con la

velocidad de operación medida, y por otro lado se hace la evaluación de la consistencia del tramo de vía estudiado.

Finalmente, se elaboran las respectivas conclusiones, observaciones y recomendaciones obtenidas del trabajo realizado.

## **ABSTRACT**

The project is developed following a methodology for evaluating the consistency of a stretch highway in a main Nariño which one through the speed of operation which is measured as point it in curves and straights.

When the information is obtained, it proceeds to do an analysis which consists comparing the speed of operation with the speed of design and the change of itself between consecutive elements, besides an evaluation with the approaches I and II of Lamm which allowed to determine the consistency in each element studied and the consistency of the way in itself.

The chosen road stretch includes fifteen kilometers between the zone the Tambor and the South exit of the city of Pasto and this is part of the highway known as Ruta 25 Pasto - Ipiales.

As a first step different methods used to measure the speed of operation of the vehicles on the road are consulted and of these is chosen the manual method that uses a radar gun which measured the speed in a point, the radar gun works based on the doppler principle.

Once the method is chosen then the sample of vehicles that will be measured in this case is a car counter pilot was made in the zone studied also the traffic volumes of INVIAS 2008 of this way it's determine such as vehicles of study denominates like automobiles cars, buses and of the two axes trucks are considered as vehicles of study the quantity of sample for type of vehicle is obtained of an statistic expression which take into account the variance, error allowed by researcher and confidence level.

As part of the work in field identification is made of each element (curve and tangent) of studied road stretch, at the same time it realizes maximum curve is measured, this parameter is used for obtaining the speed of design in each curve. the mensuration of operating speed that this realize in ordinary days, on saturdays, sundays and holidays in favorables conditions and free flow; the data measured are score in a format, one for each sense of the element. Concluded the data collection phase begins the process of systematization and analysis, in which are obtained operating speeds in each element by vehicle type and for each direction of flow, then it proceeds to develop the speed profiles of operation of studied road stretch which contrast the speed of design with the speed of operation, and secondly do a general evaluation of the consistency of the studied road stretch. Finally made the respective conclusions, observations and recommendations from the work done.

## CONTENIDO

Pág.

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                 | 23 |
| 1. MARCO TEÒRICO .....                                                                                            | 29 |
| 1.1 MARCO SITUACIONAL DEL LUGAR DE APLICACIÓN.....                                                                | 29 |
| 1.2 DEFINICIÓN DE VELOCIDADES .....                                                                               | 29 |
| 1.3 ESTUDIOS DE VELOCIDADES EN EL SITIO .....                                                                     | 30 |
| 1.4 MÉTODOS PARA REALIZAR ESTUDIOS DE VELOCIDADE EN EL SITIO .....                                                | 31 |
| 1.5 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE VELOCIDAD .....                                                                   | 32 |
| 1.6 PERFILES DE VELOCIDAD .....                                                                                   | 33 |
| 1.7 CONSISTENCIA DE UNA VÍA .....                                                                                 | 33 |
| 2. DESARROLLO DEL TRABAJO .....                                                                                   | 35 |
| 2.1 TRAMO DE ESTUDIO .....                                                                                        | 35 |
| 2.2 INSPECCIÓN VISUAL E IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE HACEN PARTE DEL TRAMO DE ESTUDIO .....                | 35 |
| 2.3 PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR EL VALOR DE PERALTE MÁXIMO EN UNA CURVA Y LA VELOCIDAD DE DISEÑO ESPECÍFICA..... | 37 |
| 2.4 ELECCIÓN DE EQUIPO A UTILIZAR .....                                                                           | 38 |
| 2.5 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA .....                                                                                 | 39 |
| 2.5.1 Tipo de automóviles. ....                                                                                   | 39 |
| 2.5.2 Tamaño de la muestra. ....                                                                                  | 41 |
| 2.6 FORMATO PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN EN CAMPO. ....                                                         | 43 |
| 2.6.1 Formato general. ....                                                                                       | 43 |
| 2.6.2 Ficha resumen. ....                                                                                         | 45 |
| 2.7 PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS .....                                                                        | 47 |
| 2.7.1 Ubicación del lugar para la recolección de la muestra.....                                                  | 48 |

|       |                                                                                                                            |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7.2 | Recopilación de datos. ....                                                                                                | 50 |
| 2.8   | INSPECCIÓN VISUAL Y FOTOGRÁFICA .....                                                                                      | 50 |
| 3.    | PROCESAMIENTO DE DATOS.....                                                                                                | 51 |
| 3.1   | CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ESTUDIADOS .....                                                                          | 51 |
| 3.2   | OBTENCIÓN DE VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 .....                                                                              | 54 |
| 3.3   | VELOCIDAD DE DISEÑO, VELOCIDAD ESPECÍFICA, VELOCIDAD<br>DEL PERCENTIL 85 Y SUS RESPECTIVAS COMPARACIONES .....             | 54 |
| 3.4   | DESVIACIONES ESTÁNDAR .....                                                                                                | 68 |
| 3.5   | ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO ESTUDIADO, DATOS DEL AÑO<br>2009 Y 2012.....                                                      | 68 |
| 4.    | ANÁLISIS DE DATOS.....                                                                                                     | 72 |
| 4.1   | VELOCIDADES DE OPERACIÓN VS VELOCIDADES ESPECÍFICAS .                                                                      | 72 |
| 4.1.1 | Sentido Sur-Norte: .....                                                                                                   | 73 |
| 4.1.2 | Sentido Norte-Sur: .....                                                                                                   | 76 |
| 4.2   | VELOCIDADES DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS<br>CONSECUTIVOS .....                                                             | 78 |
| 4.2.1 | Sentido Sur-Norte: .....                                                                                                   | 79 |
| 4.2.2 | Sentido Norte-Sur: .....                                                                                                   | 81 |
| 4.3   | COMPARACIÓN ENTRE ACCIDENTALIDAD, VELOCIDADES DE<br>OPERACIÓN DE AUTOMOVILES Y VELOCIDADES ESPECÍFICAS. ..                 | 83 |
| 4.4   | COMPARACIÓN ENTRE ACCIDENTALIDAD Y ZONAS EVALUADAS<br>CON CONSISTENCIA REGULAR Y MALA SEGÚN EL CRITERIO II<br>DE LAM. .... | 86 |
| 4.5   | EVALUACION DE SEÑALIZACION SOBRE VELOCIDAD Y<br>VELOCIDAD DE OPERACIÓN .....                                               | 88 |
| 5.    | CONCLUSIONES .....                                                                                                         | 90 |
| 6.    | RECOMENDACIONES .....                                                                                                      | 94 |
|       | BIBLIOGRAFÍA.....                                                                                                          | 95 |
|       | NETGRAFIA .....                                                                                                            | 97 |

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

**Pág.**

|                    |                                                                                     |    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fotografía N° 6.1. | Nomenclatura utilizada para identificación de elementos en campo, ejemplo N°1. .... | 36 |
| Fotografía N° 6.2. | Nomenclatura utilizada para identificación de elementos en campo, ejemplo N°2. .... | 36 |
| Fotografía N° 6.3. | Medición de peraltes. ....                                                          | 38 |
| Fotografía N° 6.4. | Pistola radar de velocidad marca Bushnell. ....                                     | 39 |
| Fotografía N° 6.5. | Posición para la toma de datos en una curva. ....                                   | 48 |
| Fotografía N° 6.6. | Posición para la toma de datos en rectas tangentes, ejemplo N°1. ....               | 49 |
| Fotografía N° 6.7. | Posición para la toma de datos en rectas tangentes, ejemplo N° 2. ....              | 50 |
| Fotografía N° 7.1. | Problema de filas a la entrada a la ciudad de Pasto, ejemplo N° 1. ....             | 55 |
| Fotografía N° 7.2. | Problema de filas a la entrada a la ciudad de Pasto, ejemplo N° 2. ....             | 56 |
| Fotografía N° 8.1. | Ejemplo de evasión de reductores de velocidad. ....                                 | 88 |

## LISTA DE GRAFICOS

**Pág.**

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica N° 7.1. Velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes, Velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido Sur-Norte.....        | 63 |
| Gráfica N° 7.2. Velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes, Velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido Norte-Sur .....       | 64 |
| Grafica N° 7.3. Velocidad de operación de autos, Velocidad específica y velocidad de diseño de Autos. Sentidos Sur-Norte y Norte-Sur.....                | 65 |
| Gráfica N° 7.4. Velocidad de operación de autos, Velocidad específica y velocidad de diseño de Buses. Sentidos Sur-Norte y Norte-Sur.....                | 66 |
| Gráfica N° 7.5. Velocidad de operación de autos, Velocidad específica y velocidad de diseño de Camiones de dos ejes. Sentidos Sur-Norte y Norte-Sur..... | 67 |
| Grafica N° 8.1. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con el primer criterio de Lamm. Sentido Sur-Norte .....                   | 73 |
| Grafica N° 8.2. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con el primer criterio de Lamm. Sentido Norte-Sur. ....                   | 76 |
| Grafica N° 8.3. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con el criterio II de Lamm. Sentido Sur-Norte. ....                       | 79 |
| Grafica N° 8.4. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con criterio II de Lamm. Sentido Norte- Sur. ....                         | 82 |
| Gráfica N° 8.5. Accidentalidad de los años 2009 y 2012 Vs. Velocidades de operación de automóviles y Velocidades específicas. ....                       | 85 |

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica N° 8.6. Accidentalidad de los años 2009 y 2012 Vs. Zonas evaluadas<br>con consistencia regular y mala según el Criterio II de Lamm. ...                                   | 87 |
| Grafica N° 8.7. Comparación entre Velocidad específica, Velocidad Máxima<br>Permitida según señalización existente y Velocidad de<br>Operación de Autos. Sentidos Sur-Norte. .... | 89 |

## LISTA DE IMÁGENES

**Pág.**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen N° 6.1. Volumen de tránsito promedio diario semanal. INVIAS ..... | 41 |
| Imagen N° 6.2. Formato para la captura de información en campo.....      | 45 |
| Imagen N° 6.3. Ficha resumen. ....                                       | 47 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                        | <b>Pág.</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla N° 5.1. Criterios I y II de Lamm.....                                                                                                            | 34          |
| Tabla N° 6.1. Resultados conteo piloto vehicular. ....                                                                                                 | 40          |
| Tabla N° 7.1. Características de los elementos. ....                                                                                                   | 51          |
| Tabla N° 7.2. Velocidad de diseño, velocidad específica, Velocidad del<br>percentil 85 y sus respectivas comparaciones. Sentido Sur-<br>Norte.....     | 56          |
| Tabla N° 7.3. Velocidad de diseño, velocidad específica, Velocidad del<br>percentil 85 y sus respectivas comparaciones. Sentido Norte-<br>Sur.....     | 59          |
| Tabla N° 7.4. Desviaciones estándar promedio.....                                                                                                      | 68          |
| Tabla N° 7.5. Accidentes de tránsito año 2009. Tramo vial Km+68 al KM+83. ....                                                                         | 69          |
| Tabla N° 7.6. Accidentes de tránsito año 2012. Tramo vial PR+68 al PR+83. ....                                                                         | 70          |
| Tabla N° 8.1. Evaluación de elementos según el criterio I de Lamm. Sentido<br>Sur-Norte.....                                                           | 73          |
| Tabla N° 8.2. Elementos en los que se supera una velocidad de 80Km/h.<br>Sentido Sur-Norte.....                                                        | 75          |
| Tabla N° 8.3. Evaluación de elementos según el criterio I de Lamm. Sentido<br>Norte-Sur.....                                                           | 76          |
| Tabla N° 8.4. Elementos en los que se supera una velocidad de 80Km/h.<br>Sentido Norte-Sur.....                                                        | 77          |
| Tabla N° 8.5. Evaluación de elementos según el criterio II de Lamm. Sentido<br>Sur-Norte.....                                                          | 79          |
| Tabla N° 8.6. Elementos que presentan diferencias altas y medias de<br>velocidad de operación entre elementos consecutivos. Sentido<br>Sur-Norte. .... | 80          |

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla N° 8.7. Evaluación de elementos según el criterio II de Lamm. Sentido Norte-Sur.....                                                | 81 |
| Tabla N° 8.8. Elementos que presentan diferencias medias de velocidad de operación entre elementos consecutivos. Sentido Norte - Sur..... | 82 |
| Tabla N° 8.9. Resumen de sectores con evaluación mala o regular según el criterio II de Lamm.....                                         | 86 |

## LISTA DE ANEXOS DIGITALES

|                                                                                                                 | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| ANEXO A. Volúmenes de tránsito INVIAS año 2008 – Nariño.....                                                    | 99          |
| ANEXO B. Velocidad de operación autos, buses y camiones por elemento.<br>Sentidos Norte – Sur, Sur – Norte..... | 100         |
| ANEXO C. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm.....                                      | 101         |
| ANEXO D. Fichas de resumen. ....                                                                                | 102         |

## 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.

**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

---

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

<sup>2</sup>Ibíd.

<sup>3</sup>Ibíd.

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>.

**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>.

---

<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 VIAS, Pagina Web, Op. cit.

<sup>7</sup> Ibíd.

<sup>8</sup> Ibíd.

**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>9</sup> Ibíd.

<sup>10</sup> Ibíd.

<sup>11</sup> Ibíd.

## INTRODUCCIÓN

Una vía como obra de infraestructura cumple con la función de permitir la circulación de vehículos para llevar a cabo actividades de transporte, comunicación, comercio entre otras, pero una vía en si misma debe cumplir una configuración geométrica adecuada, de tal manera que su diseño sea consistente obedeciendo a los criterios de seguridad, comodidad y economía para los usuarios de la misma.

Una forma de lograr un diseño consistente en las vías es cuando la velocidad de diseño de los tramos y los elementos que lo conforman se escoge de manera adecuada, de tal forma que cuando un vehículo circule los conductores tiendan a llevar una velocidad más o menos uniforme, y no se ven que no cambien bruscamente su velocidad de operación.

Según Echaveguren;

El diseño tradicional aplica el supuesto que la velocidad de diseño describe adecuadamente el comportamiento del conductor y que esta nunca será sobrepasada por la velocidad de operación. Sin embargo McLean (1981) en Australia, Krammes (1995) en Estados Unidos y Echaveguren y Sáez (2001) en Chile han verificado empíricamente que dicha hipótesis no es cierta en aquellas vías diseñadas con velocidades de diseño inferiores a 90 – 100 km/h. en tales casos la velocidad de operación medida en terreno ha resultado ser superior a la velocidad de diseño<sup>12</sup>.

En este proyecto se pretendió hacer la medición de la velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes en el tramo comprendido entre los kilómetros 68 y 83 de la Ruta 25 Pasto – Ipiales o Troncal de Occidente, las velocidades medidas fueron comparadas con las velocidades de diseño de cada uno de los elementos del tramo. Se compararon velocidades de operación entre elementos adyacentes, se analizaron puntos en los que la velocidad de operación varió de manera considerable sobre la velocidad de diseño del tramo y la específica de cada elemento lo que permitió evaluar la consistencia del tramo.

Del capítulo uno al capítulo cuatro se da a conocer el título del proyecto, el campo de investigación, el tipo de investigación, la línea de investigación, el alcance y delimitación del proyecto, se detalla el planteamiento del problema, la formulación del problema, se plantean los objetivos y se justifica el trabajo realizado; en el

---

<sup>12</sup>ECHAVEGUEREN, Tomas. Criterios Para El Análisis De Consistencia Del Diseño Geométrico: Velocidad, Aceleración Y Visibilidad. Argentina / Chile. p. 4-26.

capítulo cinco se construye el marco teórico en el cual se afianza la investigación; en el capítulo seis se detalla paso a paso lo que fue el desarrollo del trabajo; en el capítulo siete se muestra el procesamiento de los datos; en el capítulo ocho se hace el análisis de datos, en el nueve se elabora las conclusiones de la investigación y en el capítulo diez se da a conocer algunas recomendaciones del trabajo realizado .

Adicionalmente, están los capítulos once y doce en los que se resume la bibliografía y cibergrafía respectivamente consultadas para la elaboración de presente trabajo.

## **TEMA**

### **Título**

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, Caba Negra, Catambuco y salida Sur de la ciudad de Pasto, kilómetros 68 al 83 de la Ruta 25 Pasto – Ipiales.

## **MODALIDAD**

### **Campo de Investigación**

El presente proyecto se enmarca en el campo de investigación aplicada, se fundamenta en la medición de la velocidad de operación de los vehículos, para luego evaluarla comparativamente con la velocidad de diseño geométrico propia del tramo de vía en estudio.

### **Tipo de Investigación**

La investigación es cuantitativa ya que consiste en la medición de velocidades instantáneas, obtención de información y análisis estadísticos; a su vez es una investigación fáctica ya que se trata de evaluar comparativamente la velocidad de diseño con la velocidad de operación medida y no una velocidad obtenida de esquemas teóricos.

También es un tipo de investigación exploratoria ya que se aborda un tema no estudiado en el departamento de Nariño y poco estudiado en Colombia, cabe aclarar entonces que los resultados que se obtendrán constituyen una visión aproximada del objeto de estudio que podrá servir posteriormente para nuevas investigaciones, crear en otros investigadores el interés por el estudio de un tema nuevo o precisar el ya estudiado.

## **Línea de Investigación**

Infraestructura vial y transporte.

Ingeniería de tránsito: Estudios de velocidades.

## **ALCANCE Y DELIMITACIÓN**

### **Tipos de vehículos estudiados**

Para el presente trabajo se realizó la medición de la velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes.

En los autos se tuvo en cuenta los automóviles que sean de un modelo igual o superior a los años noventa ya que en muchos de los modelos anteriores se ve afectada la velocidad por fallas mecánicas o propias del diseño del vehículo.

Para el caso de los buses se tuvo en cuenta busetas, buses y buses metropolitanos, pero todos evaluados en el mismo grupo.

Para la evaluación de las velocidades de operación en camiones de dos ejes se tuvo en cuenta los camiones pequeños y los camiones grandes evaluados en un mismo grupo teniendo presente también si viajan con carga o vacíos

Para los tres tipos de vehículos anteriormente mencionados no se tuvo en cuenta aquellos vehículos que se observen en mal estado.

### **Tramo de estudio**

El estudio de velocidades de operación se llevó a cabo en el tramo comprendido entre los kilómetros 68 al 83 (15 kilómetros) de la Ruta 25 Pasto – Ipiales o Troncal de Occidente. Este tramo abarca los sectores de El Tambor, Coba Negra, Catambuco y termina en la salida Sur de la ciudad de Pasto en el sector del barrio Chapal.

Los kilómetros 68 a 83 anteriormente mencionados corresponden a los PR+68 a PR+83 según la demarcación dispuesta por DEVINAR (Desarrollo Vial de Nariño S.A.).

### **Otras disposiciones**

La toma de las velocidades de operación se realizó en los dos sentidos del flujo vehicular: Norte - Sur y Sur - Norte y los datos fueron tomados en condiciones de flujo libre y ambiente favorable y se anotaron en formatos, uno por cada sentido de flujo vehicular en el elemento.

Como parte de los resultados se elaboraron perfiles de velocidad como herramienta de comparación entre la velocidad con que fueron diseñados los elementos de la vía y la velocidad de operación medida.

## **PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO**

### **Planteamiento del problema**

Dentro de los diferentes aspectos que intervienen en la seguridad vial se identifica la consistencia del trazado entendiéndose como consistencia, la medida en la que un tramo de carretera se ajusta a las expectativas de los conductores.

Muchas de las carreteras construidas no consideran este aspecto, lo que hoy en día ha ocasionado que los conductores se vean enfrentados a realizar maniobras de riesgo en su circulación por las mismas, a esto se suma la ineficiencia de los dispositivos de seguridad vial ocasionando una mayor probabilidad de que ocurran accidentes.

La probabilidad de muerte por accidente de tránsito en Colombia es superior a otras causas violentas analizadas separadamente, de conformidad con las cifras del Instituto nacional de Medicina Legal<sup>13</sup>. Según esta tendencia, los accidentes de tránsito pueden llegar a convertirse más adelante en una de las principales causas de lesiones y muerte en Colombia. De allí que esta investigación permite evaluar las condiciones que brinda a los conductores una vía a través de un estudio de consistencia.

La Ruta 25 Pasto – Ipiales, que es un tramo de acceso vital para la región presenta altos índices de accidentalidad, que pueden ser indicios de una consistencia inapropiada de los elementos geométricos de la vía.

Dentro de los métodos para estimar la consistencia el estudio de velocidad de operación se considera la forma más sencilla, de ahí que algunos investigadores como Mclean (1981)<sup>14</sup>, postularan que la principal causa de inconsistencia de los diseños era la diferencia entre la velocidad de diseño y la de operación; y Lamm (1986)<sup>15</sup> adopta dicho postulado y construye con base en sucesivos estudios de campo sus criterios de consistencia.

---

<sup>13</sup> Lesiones y muertes por accidentes de tránsito en Colombia.

<http://www.saludcolombia.com/actual/salud76/informe.htm>

<sup>14</sup> ECHAVEGUEREN, Op. Cit. p. 7-26.

<sup>15</sup> PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, 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. 2011. p. 9 y 10.

## **Formulación del problema**

¿Cuál es la consistencia vial basada en la velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes del tramo de vía comprendido entre los sectores de El Tambor, Coba Negra, Catambuco y salida Sur de la ciudad de Pasto, entre los kilómetros 68 a 83 de la Ruta 25 Pasto – Ipiales en el Departamento de Nariño?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar la consistencia vial basada en la velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes del tramo de vía comprendido entre los sectores de El Tambor, Coba Negra, Catambuco y salida Sur de la Ciudad de Pasto entre los kilómetros 68 a 83 de la Ruta 25 Pasto – Ipiales en el Departamento de Nariño.

### **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.

## **JUSTIFICACIÓN**

La evaluación de la consistencia es necesaria en las vías sobre todo en las vías principales, por cuanto el volumen de tránsito es elevado, por ello el estudio de la Ruta 25 Pasto – Ipiales es importante ya que los resultados permitirán recomendar medidas pertinentes para que el tránsito en esta vía sea más cómodo y seguro para los usuarios.

El estudio de la consistencia mediante la velocidad de operación permite establecer observaciones en puntos como: zonas de alta accidentalidad, zonas de exceso de velocidad, longitudes críticas de ascenso, puntos en la vía que necesitan mejoras, puntos que necesitan ser rediseñados, entre otros.

En las vías del Departamento de Nariño, no se han efectuado este tipo de estudios que sirven como referente investigativo o que ayude a justificar la señalización vial, la modificación de peraltes en las curvas o rediseñar tramos de vía. Así mismo no existen estudios para determinar la relación entre el diseño geométrico

de la vía con respecto a la velocidad con que operan los usuarios en la vía y con respecto a la accidentalidad presente en los diferentes tramos.

De esta forma, el estudio sirve como sustento para la toma de decisiones con respecto al tramo vial y así mismo es un referente para posteriores investigaciones tanto en otros tramos de la Ruta 25 como en otras vías del departamento de Nariño y de Colombia.

## 1. MARCO TEÒRICO

### 1.1 MARCO SITUACIONAL DEL LUGAR DE APLICACIÓN

**Troncal de occidente:** 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>16</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>17</sup>.

### 1.2 DEFINICIÓN DE VELOCIDADES

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>18</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>19</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

---

<sup>16</sup> Ministerio de Transporte Resolución 339 de 26 de Febrero de 1999

<sup>17</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>18</sup> Diseño geométrico de vías. Universidad de Ibagué

<sup>19</sup> INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual Diseño Geométrico de Carreteras. Glosario de términos, Op. Cit. p. 273.

tramo de la vía teniendo en cuenta criterios como: clase de carretera, geografía, entorno, entre otros aspectos.

**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>20</sup>

### 1.3 ESTUDIOS DE VELOCIDADES EN EL SITIO

Como ya se ha mencionado la velocidad es un factor importante en el Transporte y 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>21</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>20</sup> Modifica Manual de señalización de tránsito estableciendo normas sobre modificación de velocidad. Santiago de Chile. 28 de febrero del 2000.

<sup>21</sup> GARBER, Nicholas; HOEL, Lester. Ingeniería de tránsito y de carreteras, operaciones de tránsito. México 2005. p. 68.

## 1.4 MÉTODOS PARA REALIZAR ESTUDIOS DE VELOCIDADE EN EL 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>22</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 automáticos haciendo referencia a los últimos ya que las manuales no son de uso común: <sup>23</sup>

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

A continuación, se hace una breve descripción del método que se eligió para la realización de esta investigación.

### 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>24</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.

---

<sup>22</sup> PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 39.

<sup>23</sup> GARBER, Nicholas; HOEL, Lester, Op. Cit. p. 83.

<sup>24</sup> GARBER, Nicholas; HOEL, Lester, Op. Cit. p. 84.

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 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>25</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.

## **1.5 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE VELOCIDAD**

Utilización de equipos GPS de seguimiento pasivo en la obtención de perfiles de velocidad operativa. Revel una metodología para revisión de los límites de velocidad.- Sandro Rocci y Alfredo García- Madrid España.

Estudio realizado para revisar los límites de velocidad de una vía con el uso de tecnología GPS. Se utilizaron en su totalidad 50 equipos que se ubicaron en los techos de los autos, el estudio fue desarrollado en las carreteras cerca a los casinos y la zona del Emperador de Valencia España en dos tramos de longitud de 4.5 Km y 2 Km respectivamente, se realizaron 20 y 15 pasadas por cada sentido.

Los datos obtenidos de este estudio se utilizaron en la elaboración de perfiles de velocidad que permiten estimar tendencias de la velocidad; entre otras utilidades del GPS se obtuvo la geometría de la vía.

---

<sup>25</sup> HYPERPHISICS – technical info and calculators for police radar. RADAR GUNS APPROVED in the USA and currently in production.

Estudio sobre velocidad puntual Avenida Ambala entre calles 67 y 69 Ibagué Tolima.- informe.- Ingeniero Civil Edgar Ramiro Jiménez Pérez. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Estudio que se realizó en la ciudad de Ibagué para conocer la velocidad de los vehículos que circulan por la Avenida Ambala, cerca de la intersección de esta Avenida con la Calle 67, la cual sirve de acceso peatonal y vehicular a la Universidad de Ibagué.

Se determinó la velocidad de operación mediante el análisis del percentil 85, las mediciones de velocidad se realizaron mediante método manual (cronómetro), utilizando estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad como aforadores.

Modelos de perfil de velocidad para evaluación de consistencia del trazado en carreteras de la provincia de Villa Clara, Cuba.- René A. García Depestre, Domingo E. Delgado Martínez, Eduardo E. Díaz García.

Estudio que consiste en el desarrollo de modelos de predicción del perfil de velocidades de operación para la evaluación de la consistencia del trazado de las carreteras rurales de dos carriles en Cuba.

Una vez determinados los modelos de perfil de velocidad son aplicados a un tramo de carretera de la provincia de Villa Clara en la región central de Cuba; los modelos obtenidos son comprobados tomando en el terreno mediciones de velocidad que posteriormente son comparadas con los resultados de las expresiones y así verificar la eficiencia de los modelos.

## **1.6 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; esta herramienta grafica permite localizar puntos con dificultades en el trazado y visualizar la diferencia entre velocidades de operación, de diseño, específica y velocidades permitidas.

El perfil 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 aspectos.

## **1.7 CONSISTENCIA DE UNA VÍA**

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>26</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>27</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>28</sup>. (ver tabla 5.1)

- 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.
- CRITERIO III. Determina la diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y demandado.

**Tabla Nº 5.1. Criterios I y II de Lamm.**

| Nivel de Consistencia | Criterio I (km/h)             | Criterio II (km/h)                       |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Buena</b>          | $ v_{85} - v_d  \leq 10$      | $ v_{85_i} - v_{85_{i+1}}  \leq 10$      |
| <b>Aceptable</b>      | $10 <  v_{85} - v_d  \leq 20$ | $10 <  v_{85_i} - v_{85_{i+1}}  \leq 20$ |
| <b>Pobre</b>          | $ v_{85} - v_d  > 20$         | $ v_{85_i} - v_{85_{i+1}}  > 20$         |

<sup>26</sup> PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 2.

<sup>27</sup> PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 9.

<sup>28</sup> PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 3.

## **2. DESARROLLO DEL TRABAJO**

### **2.1 TRAMO DE ESTUDIO**

**Planos del tramo de estudio:** Para la identificación de los elementos que hacen parte del tramo de estudio mencionado fue necesario basarse en los planos existentes y actuales, los cuales facilitaron información del trazado de la vía en planta con longitudes, ancho de calzada, curvas horizontales, radios de curvas entre otros, y también el trazado en perfil con las respectivas curvas verticales y pendientes.

**Clasificación y agrupación de elementos según sus características:** Con la ayuda de los planos del tramo de estudio se identificaron en el trazado en planta 52 curvas horizontales con sus respectivos radios, un punto de quiebre y 52 tangentes horizontales; en el trazado en perfil se identifican 18 curvas verticales y 20 tangentes con sus respectivas pendientes. Según la metodología del estudio son de interés los 104 elementos definidos en planta ya que fueron a estos a los que se realizó los respectivos muestreos.

### **2.2 INSPECCIÓN VISUAL E IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE HACEN PARTE DEL TRAMO DE ESTUDIO**

En el lugar de aplicación se identificaron los elementos parte del tramo de estudio; con la ayuda de un GPS de navegación GARMIN MAP 76 CSx, y los planos existentes, se ubicaron aproximadamente los centros de las curvas y se asignó una nomenclatura que se marcó con pintura en el pavimento. Ver fotografías N° 6.2 y 6.3.

**Fotografía N° 6.1. Nomenclatura utilizada para identificación de elementos en campo, ejemplo N°1.**



**Fotografía N° 6.2. Nomenclatura utilizada para identificación de elementos en campo, ejemplo N°2.**



### **2.3 PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR EL VALOR DE PERALTE MÁXIMO EN UNA CURVA Y LA VELOCIDAD DE DISEÑO ESPECÍFICA**

Debido a que en planos e información existente no se contó con valores de velocidad de diseño del tramo ni de la velocidad específica de cada elemento que componen el mismo fue necesario entonces la determinación de la velocidad específica en las curvas mediante los valores del radio y el peralte máximo. El radio se obtuvo de los planos existentes y el peralte tuvo que determinarse en campo.

Para determinar el peralte se utilizó un nivel de precisión, una mira y un GPS de navegación. Como se había mencionado anteriormente con las coordenadas proporcionadas por los planos y el GPS de navegación se ubicó aproximadamente el punto medio de cada curva que posiblemente es el punto de peralte máximo; con un nivel de precisión y una mira se hicieron mediciones cerca a este punto hasta encontrar la mayor diferencia de nivel entre un lado de la calzada y otro.

Con un distanciometro se midió el ancho de la calzada (entre un extremo y otro) y se obtuvo el peralte en porcentaje dividiendo la diferencia de nivel entre el ancho de calzada y multiplicando este resultado por cien para tomarlo en porcentaje. Ver fotografía N° 6.3

**Velocidad de diseño específica en curvas:** Teniendo el radio de cada curva y el peralte obtenido en campo se hizo uso de la tabla 3.4 del Manual de Diseño geométrico de Carreteras INVIAS-2008 y se determinó la velocidad específica aproximada con la que fue diseñada cada curva.

**Velocidad de diseño específica en rectas tangentes:** Para determinar la velocidad específica de una recta tangente se tomó la velocidad específica mayor entre las curvas anterior y posterior a la misma.

**Fotografía N° 6.3. Medición de peraltes.**



## **2.4 ELECCIÓN DE EQUIPO A UTILIZAR**

De los métodos mencionados para realizar los estudios de velocidad en el sitio se escogió el procedimiento en el que se hace uso de un medidor con funcionamiento bajo el principio Doppler como es la pistola radar medidora de velocidad, esto quiere decir que se hacen mediciones puntuales de velocidad en el lugar donde se desee hacer el respectivo estudio.

Vale la pena mencionar, que el uso de esta herramienta se hace por la facilidad de adquisición y uso, además, porque es un instrumento muy utilizado para estudios de velocidad puntual. Se adquiere una pistola radar medidor de velocidad cuyas características y funcionamiento se presentan a continuación.

**Pistola radar de velocidad MPH o KPH:** Detector de velocidad con pantalla digital, lecturas en kilómetros por hora y/o millas por hora.

Sistema desarrollado para medir la velocidad de vehículos que ingresan a una carretera, autopista o cualquier otro lugar donde se desea controlar que no se excedan los límites de velocidad permitidos.

- Precisión de hasta +/-una milla por hora (MPH).
- Mínima velocidad de medición: 16 km/h.
- Máxima velocidad de medición: 322 km/h.
- Mide hasta una distancia de 457 m.

Su funcionamiento consiste en apuntar en dirección del desplazamiento del objetivo y en línea recta respecto al aforador, presionar el gatillo e inmediatamente en pantalla del aparato aparecerá el valor de la velocidad del objetivo.

**Fotografía N° 6.4. Pistola radar de velocidad marca Bushnell.**



Ya que el radar es una herramienta que se utilizó para el desarrollo de esta investigación vale la pena aclarar que el aparato es donado a la Universidad al finalizar el proyecto con el fin de que pueda seguir siendo utilizado para más estudios.

## **2.5 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA**

**2.5.1 Tipo de automóviles.** Para el tramo de vía a estudiar se tuvo en cuenta que no todos los tipos de autos existentes circulan por el lugar en una cantidad representativa, para esto se realizó un conteo piloto vehicular con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Duración del conteo: 12 horas

Hora de inicio: 6 am

Hora de terminación: 6 pm

Lugar: Recta sector Bavaria entre km 75+912.185 y km 76+274.778.

**Tabla N° 6.1. Resultados conteo piloto vehicular.**

| TIPO DE VEHICULO |                       | SENTIDO SUR - NORTE |        | SENTIDO NORTE - SUR |        |
|------------------|-----------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|
|                  |                       | TOTAL               | %      | TOTAL               | %      |
| Auto             |                       | 1893                | 78.84  | 2807                | 83.59  |
| Bus              |                       | 219                 | 9.12   | 222                 | 6.61   |
| CAMIONES         | Camión 2 ejes pequeño | 110                 | 4.58   | 96                  | 2.86   |
|                  | Camión 2 ejes grande  | 112                 | 4.66   | 132                 | 3.93   |
|                  | Camión 3 ejes         | 40                  | 1.67   | 30                  | 0.89   |
|                  | Camión 4 ejes         | 3                   | 0.12   | 2                   | 0.06   |
|                  | Camión 5 ejes         | 6                   | 0.25   | 15                  | 0.45   |
|                  | Camión más de 5 ejes  | 18                  | 0.75   | 54                  | 1.61   |
| TOTAL            |                       | 2401                | 100.00 | 3358                | 100.00 |

Los anteriores resultados se contrastaron con los datos de los volúmenes de tránsito 2008 proporcionados por el Instituto Nacional de Vías para el tramo correspondiente Pasto – Cebadal.

Estación 309.

Tránsito Promedio Diario Semanal igual a 4424 vehículos.

Porcentaje correspondiente a autos, buses y camiones:

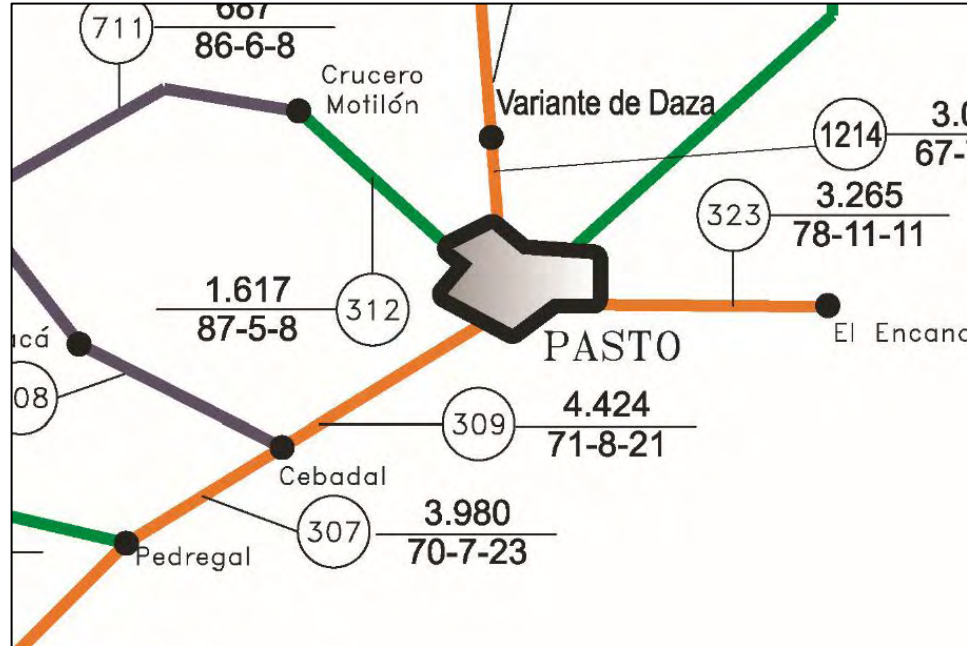
**Autos: 71% = 3141 vehículos**

**Buses: 8%= 354 vehículos**

**Camiones: 21%= 929 vehículos**

Ver anexo A. Volúmenes de tránsito INVIAS año 2008 – Nariño. Medio digital.

**Imagen N° 6.1. Volumen de tránsito promedio diario semanal. INVIAS**



Dentro del porcentaje de camiones mostrado anteriormente, se tuvo el siguiente porcentaje por tipo de camión: (basados en conteo vehicular INVIAS 2008).

|               |              |
|---------------|--------------|
| <b>C2P</b>    | <b>5.71%</b> |
| <b>C2G</b>    | <b>7.57%</b> |
| <b>C3-C4</b>  | <b>2.87%</b> |
| <b>C5</b>     | <b>1.17%</b> |
| <b>&gt;C5</b> | <b>3.68%</b> |

De acuerdo con el conteo piloto y los volúmenes de tránsito de INVIAS 2008 se observó que los camiones mayores a dos ejes no son de gran concurrencia en el sector por tanto para el presente trabajo se determinó efectuar la medición de la velocidad de operación a automóviles, buses y camiones de dos ejes.

**2.5.2 Tamaño de la muestra.** El tamaño de muestra se definió de forma estadística según la ecuación recomendada por el texto Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor y Cárdenas Grisales la cual se utiliza para obtener el tamaño de la muestra en un estudio de velocidades puntuales<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> CAL Y MAYOR, Rafael; CÁRDENAS, James. Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones. 8 ed. Mexico D.F: Editorial Alfaomega, 2007. p. 262.

$$n = \left( \frac{KS}{e} \right)^2$$

Dónde n = tamaño mínimo de la muestra.

K = constante que corresponde al nivel de confianza deseado.

S = desviación estándar estimada de la muestra (KPH).

e = error permitido en el estimado de la velocidad.

*Nota: El tamaño de la muestra nunca podrá ser menor de 30.*

Para el estudio realizado no se contó con datos de desviación estándar de las velocidades instantáneas en ninguna de las vías del departamento de Nariño, se hizo uso entonces de una desviación estándar promedio recomendada por Cal y Mayor y Cárdenas, en el libro antes mencionado, cuyo valor es de 8km/h que pertenece a un valor empírico para velocidades de punto en cualquier tipo de vía y de tránsito y en la cual no se hayan efectuado estudios anteriores; este valor coincide con el valor recomendado por el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito del Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. Ver Tabla N° 6.2 valor redondeado.

**Tabla N° 6.1. Desviaciones Estándar de Velocidades Instantáneas<sup>30</sup>.**

| Área de Tránsito | Tipo de Carretera | Desviación Estándar Media (kph) |
|------------------|-------------------|---------------------------------|
| Rural            | 2 carriles        | 8,5                             |
| Rural            | 4 carriles        | 6,8                             |
| Intermedio       | 2 carriles        | 8,5                             |
| Intermedio       | 4 carriles        | 8,5                             |
| Urbana           | 2 carriles        | 7,7                             |
| Urbana           | 4 carriles        | 7,9                             |
| Valor Redondeado |                   | 8,0                             |

La constante K, depende del nivel de confianza que se quiera dar a los datos observados. Un valor de 2.00 se usa a menudo y proporciona un nivel de confianza de 95.5%. Por otro lado, el error e depende de la precisión que quiera dar el investigador a su trabajo, esta medida es una tolerancia absoluta, y quiere decir que el error absoluto se especifica como +/- un valor seleccionado. El error permitido puede fluctuar de +/-1.5 km/h a +/-8.0 km/h, para este estudio se tomó un valor de +/- 2.0 km/h que incluye errores en el instrumento de medida, en los conductores al sentirse observados y del operario del equipo.

<sup>30</sup> SUBSECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y DE ORDENACION DEL TERRITORIO. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito del Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. Tomo XII. p. 15.

$$n = \left( \frac{8 * 2}{2} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{2 \times 8}{2} \right)^2 = 64$$

Por tanto, la muestra seleccionada fue de sesenta y cinco (65) mediciones de velocidad instantánea, esta medición se debe hacer por cada tipo de vehículo es decir 65 automóviles, 65 buses, 65 camiones de dos ejes y en los dos sentidos de flujo para cada elemento.

## 2.6 FORMATO PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN EN CAMPO.

**2.6.1 Formato general.** Para el estudio de velocidad de operación se desarrolló un formato en el que se registra algunas de las características del elemento al cual se le efectúa la medición de la velocidad y también se consigna el valor de los datos de la muestra tomada.

- **Fecha.**

Diligenciar la fecha (día–mes–año) de acuerdo al día de la realización toma de datos.

- **Hora de inicio.**

Hora en la que se inicia a recolectar la muestra.

- **Hora final.**

Hora en la que se termina de recolectar la muestra.

- **Localización.**

Se coloca la abscisa en la que se hace la medición de velocidad o el nombre del respectivo elemento.

- **Estado del pavimento.**

El estado del pavimento se debe tener en cuenta ya que este es un factor que puede influir en la velocidad que desarrollen los vehículos.

- **Condición climática.**

La condición climática es importante ya que este tipo de estudio se debe realizar en condiciones favorables (no presencia de lluvia).

- **Sentido.**

El estudio de velocidades del presente trabajo se realiza en los dos sentidos de la vía, en este aspecto se debe aclarar en qué sentido de flujo se está realizando el muestreo: norte – sur o sur – norte.

- **Procedimiento.**

El formato puede ser utilizado para estudios de velocidad puntual realizado de diferentes formas, en este espacio se debe consignar si el estudio es realizado con radar, con cronometro, pistola lidar entre otros métodos.

- **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 KMH 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.

- **Notas.**

Algunas notas se colocan para mayor manejo del formato, además se aclara que Para el grupo de vehículos que se siguen a corta distancia, se mide solamente la velocidad del vehículo que encabeza el grupo.

- **Observaciones.**

Registrar alguna observación relacionada con el muestreo o de algún evento que afecte la velocidad de operación de los vehículos.

**Imagen N° 6.2. Formato para la captura de información en campo.**

| ESTUDIO DE VELOCIDAD PUNTUAL                                                                                                   |   |                       |    |                         |          | UNIVERSIDAD DE NARIÑO  |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------|----|-------------------------|----------|------------------------|---|
| MEDIDAS DE VELOCIDAD                                                                                                           |   |                       |    |                         |          | PROGRAMA DE INGENIERIA |   |
| FORMATO DE DIGITAL                                                                                                             |   |                       |    |                         |          | INGENIERIA CIVIL       |   |
|                                                                                                                                |   |                       |    | Hoja No: _____ de _____ |          |                        |   |
| Fecha:                                                                                                                         |   | Localización:         |    | Sentido:                |          |                        |   |
| Hora de inicio:                                                                                                                |   | Estado del pavimento: |    | Procedimiento:          |          |                        |   |
| Hora final:                                                                                                                    |   | Condición Climática:  |    |                         |          |                        |   |
| Aforador:                                                                                                                      |   |                       |    | Supervisor:             |          |                        |   |
| LECTURA (KPH)                                                                                                                  |   |                       |    |                         | CARGA C2 |                        |   |
| No                                                                                                                             | A | B                     | C2 | SI                      | NO       | No                     | A |
| 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 As Automoviles a flujo libre; B: Bus o Buzeta a flujo libre;                                                                 |   |                       |    |                         |          |                        |   |
| C2Pe Camion de dos ejes pequeño a flujo libre; C2Gr 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 Supervisor                                                                                                               |   |                       |    | Firma Aforador          |          |                        |   |

**2.6.2 Ficha resumen.** Al finalizar los procesos de recolección, procesamiento y análisis de datos se consignó en una ficha resumen las características resultantes del estudio realizado por cada elemento del tramo de estudio.

- **Tipo de elemento.**

Se debe indicar a qué tipo de elemento pertenecen los datos consignados (curva o recta – tangente)

- **Abscisa inicio o final.**

Indica la abscisa donde inicia y donde termina el elemento mencionado.

- **Velocidad de diseño.**

Velocidad de diseño aproximada del tramo a estudiar.

- **Velocidad específica**

Velocidad específica aproximada del elemento respectivo.

- **Caracterización norte - sur**

Se debe consignar los valores de Velocidad de operación con respecto al percentil 85 obtenidos tanto para autos, buses y camiones de dos ejes. En el sentido norte – sur.

- **Caracterización sur – norte.**

Se debe consignar los valores de Velocidad de operación con respecto al percentil 85 obtenidos tanto para autos, buses y camiones de dos ejes. En el sentido sur – norte.

- **Evaluación consistencia criterio I.**

Se indica la evaluación con respecto al criterio I de consistencia en automóviles del respectivo elemento.

- **Evaluación consistencia criterio II.**

Se indica la evaluación con respecto al criterio II de consistencia en automóviles del respectivo elemento.

- **Señalización existente.**

Indicar que existe algún tipo de señalización que pueda influir en la velocidad de operación o en la misma consistencia del elemento.

- **Fotografía**

Se registra una fotografía del elemento.

### Imagen N° 6.3. Ficha resumen.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
|  | <b>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 DEL CEBADAL, COBA NEGRA, CATAMBUCO Y LA SALIDA SUR DE LA CIUDAD DE PASTO KILÓMETROS 68 AL 83 DE LA RUTA 25. PASTO – IPIALES</b> |                                            |                                   |                                                                                      | <b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b><br><b>PROGRAMA DE INGENIERIA</b><br><b>INGENIERIA CIVIL</b><br><b>FICHA RESUMEN</b> |  |  |  |
|                                                                                   | <b>Tipo de elemento:</b> CURVA                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |                                   |                                                                                      |                               |  |  |  |
|                                                                                   | <b>Abscisa inicio:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                            | <b>Velocidad de diseño:</b> km/h  |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
|                                                                                   | <b>Abscisa final:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                            | <b>Velocidad específica:</b> km/h |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>CARACTERIZACION NORTE - SUR</b>                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>CARACTERIZACION SUR - NORTE</b>         |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Vel. operación ( percentil 85):</b>                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Vel. operación ( percentil 85):</b>     |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Automóviles:</b> Km/h                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Automóviles:</b> Km/h                   |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Buses:</b> Km/h                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Buses:</b> Km/h                         |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Camiones dos ejes:</b> Km/h                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Camiones dos ejes:</b> Km/h             |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Evaluación consistencia criterio I</b>                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Evaluación consistencia criterio I</b>  |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Evaluación consistencia criterio II</b>                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Evaluación consistencia criterio II</b> |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Señalización existente:</b>                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Señalización existente:</b>             |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Tipo de elemento:</b> RECTA - TANGENTE                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |                                   |  |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Abscisa inicio:</b>                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Velocidad de diseño:</b> km/h           |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Abscisa final:</b>                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Velocidad específica:</b> km/h          |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>CARACTERIZACION NORTE - SUR</b>                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>CARACTERIZACION SUR - NORTE</b>         |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Vel. operación ( percentil 85):</b>                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Vel. operación ( percentil 85):</b>     |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Automóviles:</b> Km/h                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Automóviles:</b> Km/h                   |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Buses:</b> Km/h                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Buses:</b> Km/h                         |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Camiones dos ejes:</b> Km/h                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Camiones dos ejes:</b> Km/h             |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Evaluación consistencia criterio I</b>                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Evaluación consistencia criterio I</b>  |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Evaluación consistencia criterio II</b>                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Evaluación consistencia criterio II</b> |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
| <b>Señalización existente:</b>                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Señalización existente:</b>             |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |                                   |                                                                                      |                                                                                                                  |  |  |  |

## 2.7 PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS

Para el procedimiento de medición de las velocidades como se había mencionado anteriormente se empleó una pistola radar medidora de velocidad cuya funcionalidad permite obtener la velocidad de operación de un vehículo al posicionar el vehículo en la mira del dispositivo.

En la recolección de datos, se tuvo en cuenta una serie de factores:

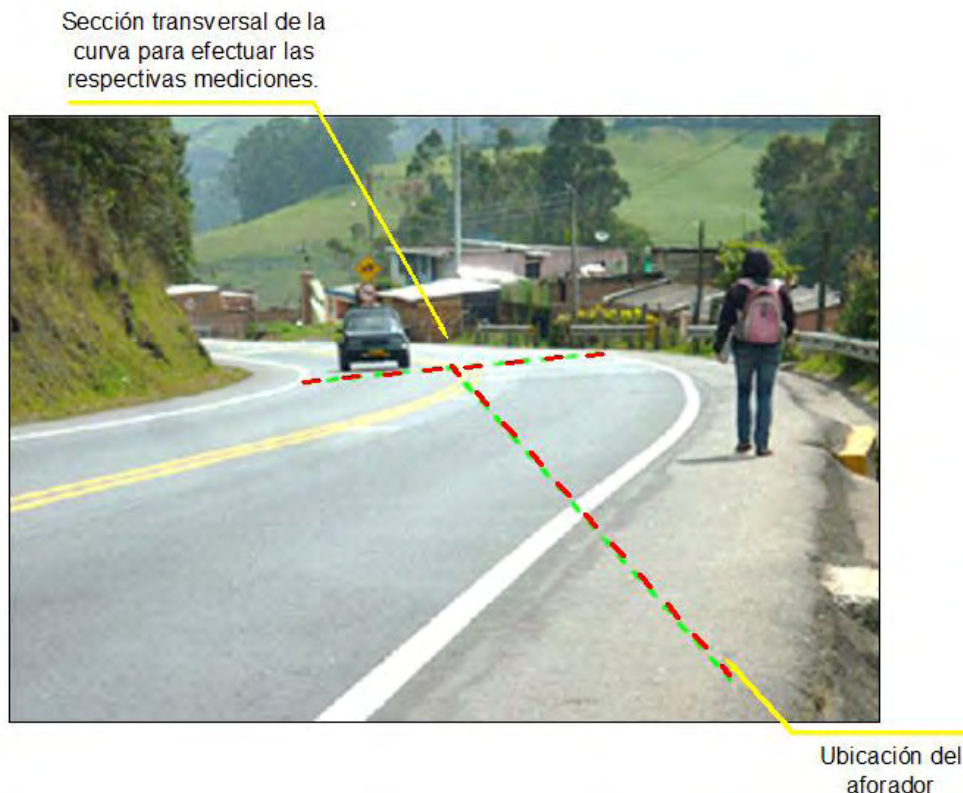
- Cuidar de tomar medidas aleatorias y representativas.
- Realizar aforo de datos en condiciones favorables referentes al clima y al flujo libre.
- Medir en caso de problemas de colas o filas la velocidad del primer vehículo en la fila.
- Tener en cuenta las condiciones de perpendicularidad de enfoque del radar para de esta forma no dar pie a un error de medición por coseno.

### 2.7.1 Ubicación del lugar para la recolección de la muestra:

**Muestreo de velocidad de operación en curvas<sup>31</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 N° 6.13.

**Fotografía N° 6.5. Posición para la toma de datos en una curva.**



**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. Dependiendo de la longitud de la recta y su pendiente el lugar donde se desarrolle la mayor velocidad de operación será diferente.

<sup>31</sup> PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 23.

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>32</sup>

Debido a que cada recta tangente posee características diferentes las mayores velocidades se desarrollan en diferentes posiciones, por lo tanto, en el proyecto se tomó la máxima velocidad que alcanzaba a desarrollar un vehículo como la máxima que se marcaba el radar.

Es preciso aclarar que la persona encargada de la toma de datos se ubicó paralela al sentido longitudinal de la recta o en la proyección del eje longitudinal de la misma quedando directamente frente al vehículo y en una posición lo más discreta posible para los conductores. Ver fotografías N° 6.14 y N° 6.15.

**Fotografía N° 6.6. Posición para la toma de datos en rectas tangentes, ejemplo N°1.**



---

<sup>32</sup> PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 25.

**Fotografía N° 6.7. Posición para la toma de datos en rectas tangentes, ejemplo N° 2.**



**2.7.2 Recopilación de datos.** Los datos obtenidos se llenaron en el formato para la captura de información en campo.

## **2.8 INSPECCIÓN VISUAL Y FOTOGRÁFICA**

Además de hacer una inspección visual de las características de la zona en las que se tuvo en cuenta la señalización, el estado del pavimento, la existencia de intersecciones, si se estaba realizando o no trabajos de mejoramiento entre otros aspectos que posiblemente influyeran sobre la velocidad de operación de los vehículos que transitan se hizo un registro fotográfico de cada elemento que finalmente se consignó en una ficha resumen por cada elemento. Ver anexo D. Fichas de resumen. Medio digital.

### 3. PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ESTUDIADOS

En la tabla N° 7.1, se presentan las características de los elementos del tramo de estudió; el abscisado, radio de curvas, longitud de los elementos y pendiente se obtuvieron de los planos existentes; la velocidad especifica se obtuvo a partir de los peraltes máximos obtenidos en campo y con la ayuda del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de INVIAS, finalmente la velocidad de diseño del tramo se tomó como la mínima especifica de todo el tramo.

**Tabla N° 7.1. Características de los elementos.**

| TRAMO "EL TAMBOR"-SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |          |          |                  |           |              |               |             |                  |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|-----------|--------------|---------------|-------------|------------------|--------------------|
| DIRECCION DE TRÁFICO SUR-NORTE y NORTE-SUR                                  |          |          |                  |           |              |               |             |                  |                    |
| ELEMENTO                                                                    | ACOTADO  |          | TIPO DE ELEMENTO | RADIO (m) | LONGITUD (m) | PENDIENTE (%) | PERALTE (%) | V. DISEÑO (Km/h) | V. ESPECIF. (Km/h) |
|                                                                             | INICIO   | FIN      |                  |           |              |               |             |                  |                    |
| 1                                                                           | K 67+986 | K 68+083 | CURVA            | 69.75     | 97.18        | 5.9           | 8.5         | 40               | 50                 |
| 2                                                                           | K 68+083 | K 68+186 | TANGENTE         |           | 103.21       | 5.9           |             | 40               | 50                 |
| 3                                                                           | K 68+186 | K 68+324 | CURVA            | 70.95     | 137.82       | 5.9           | 8.6         | 40               | 50                 |
| 4                                                                           | K 68+324 | K 68+389 | TANGENTE         |           | 65.38        | 5.9           |             | 40               | 50                 |
| 5                                                                           | K 68+389 | K 68+522 | CURVA            | 94.30     | 132.60       | 5.9           | 7.2         | 40               | 45                 |
| 6                                                                           | K 68+522 | K 68+638 | TANGENTE         |           | 116.46       | 5.9           |             | 40               | 45                 |
| 7                                                                           | K 68+638 | K 68+707 | CURVA            | 145.52    | 69.10        | 5.9           | 5.6         | 40               | 40                 |
| 8                                                                           | K 68+707 | K 68+787 | TANGENTE         |           | 80.04        | 5.9           |             | 40               | 55                 |
| 9                                                                           | K 68+787 | K 68+868 | CURVA            | 97.55     | 80.58        | 5.9           | 8.1         | 40               | 55                 |
| 10                                                                          | K 68+868 | K 68+998 | TANGENTE         |           | 130.40       | 5.9           |             | 40               | 55                 |
| 11                                                                          | K 68+998 | K 69+133 | CURVA            | 206.32    | 134.74       | 5.9           | 3.0         | 40               | 40                 |
| 12                                                                          | K 69+133 | K 69+233 | TANGENTE         |           | 100.22       | 5.9           |             | 40               | 50                 |
| 13                                                                          | K 69+233 | K 69+405 | CURVA            | 333.67    | 171.29       | 5.9           | 2.3         | 40               | 50                 |
| 14                                                                          | K 69+405 | K 70+016 | TANGENTE         |           | 611.02       | 5.9           |             | 40               | 50                 |
| 15                                                                          | K 70+016 | K 70+171 | CURVA            | 717.78    | 155.74       | 5.9           | 2.2         | 40               | 50                 |
| 16                                                                          | K 70+171 | K 70+330 | TANGENTE         |           | 158.23       | 5.9           |             | 40               | 50                 |
| 17                                                                          | K 70+330 | K 70+442 | CURVA            | 280.33    | 112.49       | 5.9           | 1.2         | 40               | 40                 |
| 18                                                                          | K 70+442 | K 70+571 | TANGENTE         |           | 129.44       | 5.9           |             | 40               | 40                 |
| 19                                                                          | K 70+571 | K 70+707 | CURVA            | 210.54    | 135.95       | 5.9           | 3.0         | 40               | 40                 |
| 20                                                                          | K 70+707 | K 70+953 | TANGENTE         |           | 245.45       | 5.9           |             | 40               | 50                 |
| 21                                                                          | K 70+953 | K 71+036 | CURVA            | 132.66    | 82.84        | 5.9           | 7.0         | 40               | 50                 |
| 22                                                                          | K 71+036 | K 71+113 | TANGENTE         |           | 77.79        | 5.9           |             | 40               | 50                 |

**Tabla N° 7.1 (continuación)**

| TRAMO "EL TAMBOR"-SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |          |          |                  |           |              |               |             |                  |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|-----------|--------------|---------------|-------------|------------------|--------------------|
| DIRECCION DE TRÁFICO SUR-NORTE y NORTE-SUR                                  |          |          |                  |           |              |               |             |                  |                    |
| ELEMENTO                                                                    | ACOTADO  |          | TIPO DE ELEMENTO | RADIO (m) | LONGITUD (m) | PENDIENTE (%) | PERALTE (%) | V. DISEÑO (Km/h) | V. ESPECIF. (Km/h) |
|                                                                             | INICIO   | FIN      |                  |           |              |               |             |                  |                    |
| 23                                                                          | K 71+113 | K 71+206 | CURVA            | 135.68    | 93.02        | 5.9           | 5.9         | 40               | 40                 |
| 24                                                                          | K 71+206 | K 71+396 | TANGENTE         |           | 189.23       | 5.9           |             | 40               | 40                 |
| 25                                                                          | K 71+396 | K 71+516 | CURVA            | 216.36    | 120.28       | -7.0          | 4.3         | 40               | 40                 |
| 26                                                                          | K 71+516 | K 71+670 | TANGENTE         |           | 153.53       | -7.0          |             | 40               | 50                 |
| 27                                                                          | K 71+670 | K 71+737 | CURVA            | 160.06    | 67.43        | -7.0          | 6.2         | 40               | 50                 |
| 28                                                                          | K 71+737 | K 71+956 | TANGENTE         |           | 218.99       | -7.0          |             | 40               | 50                 |
| 29                                                                          | K 71+956 | K 72+064 | CURVA            | 63.78     | 108.22       | -7.0          | 9.9         | 40               | 45                 |
| 30                                                                          | K 72+064 | K 72+171 | TANGENTE         |           | 107.04       | -7.0          |             | 40               | 45                 |
| 31                                                                          | K 72+171 | K 72+265 | CURVA            | 158.05    | 93.71        | -7.0          | 4.9         | 40               | 40                 |
| 32                                                                          | K 72+265 | K 72+333 | TANGENTE         |           | 67.90        | -7.0          |             | 40               | 65                 |
| 33                                                                          | K 72+333 | K 72+435 | CURVA            | 184.43    | 102.21       | -7.0          | 7.6         | 40               | 65                 |
| 34                                                                          | K 72+435 | K 72+569 | TANGENTE         |           | 134.15       | -7.0          |             | 40               | 60                 |
| 35                                                                          | K 72+569 | K 72+681 | CURVA            | 84.84     | 111.52       | -7.0          | 9.6         | 40               | 50                 |
| 36                                                                          | K 72+681 | K 72+801 | TANGENTE         |           | 120.23       | -7.0          |             | 40               | 60                 |
| 37                                                                          | K 72+801 | K 72+882 | CURVA            | 108.09    | 81.20        | -7.0          | 8.4         | 40               | 60                 |
| 38                                                                          | K 72+882 | K 73+325 | TANGENTE         |           | 442.65       | -2.6          |             | 40               | 60                 |
| 39                                                                          | K 73+325 | K 73+452 | CURVA            | 371.96    | 127.48       | -5.4          | 3.6         | 40               | 50                 |
| 40                                                                          | K 73+452 | K 73+852 | TANGENTE         |           | 399.72       | -5.4          |             | 40               | 50                 |
| 41                                                                          | K 73+852 | K 73+936 | CURVA            | 216.48    | 83.57        | -5.4          | 4.1         | 40               | 40                 |
| 42                                                                          | K 73+936 | K 74+178 | TANGENTE         |           | 241.99       | -5.4          |             | 40               | 40                 |
| 43                                                                          | K 74+178 | K 74+265 | CURVA            | 315.41    | 87.18        | -5.4          | 3.4         | 40               | 40                 |
| 44                                                                          | K 74+265 | K 74+404 | TANGENTE         |           | 139.75       | -4.6          |             | 40               | 45                 |
| 45                                                                          | K 74+404 | K 74+511 | CURVA            | 78.66     | 106.99       | -4.6          | 7.8         | 40               | 45                 |
| 46                                                                          | K 74+511 | K 74+565 | TANGENTE         |           | 53.18        | -4.6          |             | 40               | 60                 |
| 47                                                                          | K 74+565 | K 74+675 | CURVA            | 106.66    | 110.82       | -4.6          | 8.6         | 40               | 60                 |
| 48                                                                          | K 74+675 | K 74+770 | TANGENTE         |           | 94.51        | -4.6          |             | 40               | 60                 |
| 49                                                                          | K 74+770 | K 74+904 | CURVA            | 231.41    | 133.60       | -4.6          | 4.0         | 40               | 40                 |
| 50                                                                          | K 74+904 | K 75+019 | TANGENTE         |           | 115.15       | -6.4          |             | 40               | 45                 |
| 51                                                                          | K 75+019 | K 75+119 | CURVA            | 195.45    | 100.54       | -6.4          | 5.3         | 40               | 45                 |
| 52                                                                          | K 75+119 | K 75+256 | TANGENTE         |           | 136.31       | -6.4          |             | 40               | 45                 |
| 53                                                                          | K 75+256 | K 75+345 | CURVA            | 101.06    | 89.86        | -6.4          | 7.0         | 40               | 45                 |
| 54                                                                          | K 75+345 | K 75+421 | TANGENTE         |           | 75.80        | -6.4          |             | 40               | 50                 |
| 55                                                                          | K 75+421 | K 75+505 | CURVA            | 65.57     | 83.53        | -6.4          | 9.6         | 40               | 50                 |
| 56                                                                          | K 75+505 | K 75+565 | TANGENTE         |           | 59.92        | -6.4          |             | 40               | 50                 |
| 57                                                                          | K 75+565 | K 75+651 | CURVA            | 281.88    | 86.25        | -6.4          | 3.0         | 40               | 40                 |
| 58                                                                          | K 75+651 | K 75+852 | TANGENTE         |           | 201.58       | -6.4          |             | 40               | 50                 |
| 59                                                                          | K 75+852 | K 75+972 | CURVA            | 156.54    | 119.69       | -4.7          | 5.9         | 40               | 50                 |
| 60                                                                          | K 75+972 | K 76+275 | TANGENTE         |           | 302.59       | -7.1          |             | 40               | 50                 |
| 61                                                                          | K 76+275 | K 76+421 | CURVA            | 193.74    | 146.43       | -7.1          | 4.7         | 40               | 40                 |
| 62                                                                          | K 76+421 | K 77+019 | TANGENTE         |           | 597.56       | -4.1          |             | 40               | 55                 |
| 63                                                                          | K 77+019 | K 77+096 | CURVA            | 97.16     | 77.31        | -4.1          | 8.9         | 40               | 55                 |

**Tabla N° 7.1 (continuación)**

| TRAMO "EL TAMBOR"-SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |          |          |                  |           |              |               |             |                  |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|-----------|--------------|---------------|-------------|------------------|--------------------|
| DIRECCION DE TRÁFICO SUR-NORTE y NORTE-SUR                                  |          |          |                  |           |              |               |             |                  |                    |
| ELEMENTO                                                                    | ACOTADO  |          | TIPO DE ELEMENTO | RADIO (m) | LONGITUD (m) | PENDIENTE (%) | PERALTE (%) | V. DISEÑO (Km/h) | V. ESPECIF. (Km/h) |
|                                                                             | INICIO   | FIN      |                  |           |              |               |             |                  |                    |
| 64                                                                          | K 77+096 | K 77+229 | TANGENTE         |           | 133.02       | -6.5          |             | 40               | 55                 |
| 65                                                                          | K 77+229 | K 77+321 | CURVA            | 219.29    | 91.78        | -6.5          | 4.9         | 40               | 45                 |
| 66                                                                          | K 77+321 | K 77+460 | TANGENTE         |           | 139.01       | -6.5          |             | 40               | 45                 |
| 67                                                                          | K 77+460 | K 77+673 | CURVA            | 258.80    | 213.07       | -6.5          | 4.5         | 40               | 45                 |
| 68                                                                          | K 77+673 | K 77+745 | TANGENTE         |           | 71.81        | -6.5          |             | 40               | 45                 |
| 69                                                                          | K 77+745 | K 77+836 | CURVA            | 229.31    | 90.74        | -6.5          | 4.5         | 40               | 45                 |
| 70                                                                          | K 77+836 | K 78+200 | TANGENTE         |           | 364.07       | -6.5          |             | 40               | 45                 |
| 71                                                                          | K 78+200 | K 78+288 | CURVA            | 188.05    | 88.75        | -5.3          | 3.0         | 40               | 40                 |
| 72                                                                          | K 78+288 | K 78+600 | TANGENTE         |           | 312.01       | -5.3          |             | 40               | 40                 |
| 73                                                                          | K 78+600 | K 78+660 | CURVA            | 707.89    | 59.90        | -5.3          | 0.7         | 40               | 40                 |
| 74                                                                          | K 78+660 | K 78+996 | TANGENTE         |           | 335.89       | -5.3          |             | 40               | 40                 |
| 75                                                                          | K 78+996 | K 79+118 | CURVA            | 87.61     | 121.66       | -8.3          | 6.7         | 40               | 40                 |
| 76                                                                          | K 79+118 | K 79+291 | TANGENTE         |           | 173.16       | -8.3          |             | 40               | 40                 |
| 77                                                                          | K 79+291 | K 79+467 | TANGENTE         |           | 176.13       | -8.3          |             | 40               | 40                 |
| 78                                                                          | K 79+467 | K 79+644 | CURVA            | 138.13    | 176.93       | -6.1          | 5.0         | 40               | 40                 |
| 79                                                                          | K 79+644 | K 79+736 | TANGENTE         |           | 92.35        | -6.1          |             | 40               | 55                 |
| 80                                                                          | K 79+736 | K 79+838 | CURVA            | 97.32     | 101.81       | -5.0          | 8.1         | 40               | 55                 |
| 81                                                                          | K 79+838 | K 79+929 | TANGENTE         |           | 90.35        | -5.0          |             | 40               | 55                 |
| 82                                                                          | K 79+929 | K 80+021 | CURVA            | 202.06    | 92.40        | -5.0          | 5.6         | 40               | 50                 |
| 83                                                                          | K 80+021 | K 80+081 | TANGENTE         |           | 60.14        | -5.6          |             | 40               | 50                 |
| 84                                                                          | K 80+081 | K 80+285 | CURVA            | 293.81    | 203.90       | -5.6          | 3.8         | 40               | 45                 |
| 85                                                                          | K 80+285 | K 80+591 | TANGENTE         |           | 306.12       | -5.9          |             | 40               | 45                 |
| 86                                                                          | K 80+591 | K 80+680 | CURVA            | 642.21    | 88.75        | -5.9          | 0.9         | 40               | 40                 |
| 87                                                                          | K 80+680 | K 80+914 | TANGENTE         |           | 233.92       | -5.9          |             | 40               | 40                 |
| 88                                                                          | K 80+914 | K 81+048 | CURVA            | 246.85    | 133.76       | -3.9          | 4.3         | 40               | 40                 |
| 89                                                                          | K 81+048 | K 81+459 | TANGENTE         |           | 411.03       | -3.9          |             | 40               | 45                 |
| 90                                                                          | K 81+459 | K 81+529 | CURVA            | 182.20    | 70.50        | -6.4          | 5.4         | 40               | 45                 |
| 91                                                                          | K 81+529 | K 81+613 | TANGENTE         |           | 83.79        | -6.4          |             | 40               | 55                 |
| 92                                                                          | K 81+613 | K 81+695 | CURVA            | 97.49     | 81.75        | -6.4          | 8.7         | 40               | 55                 |
| 93                                                                          | K 81+695 | K 81+842 | TANGENTE         |           | 147.48       | -6.4          |             | 40               | 55                 |
| 94                                                                          | K 81+842 | K 81+900 | CURVA            | 95.05     | 58.18        | -6.4          | 8.6         | 40               | 55                 |
| 95                                                                          | K 81+900 | K 81+993 | TANGENTE         |           | 92.74        | -6.4          |             | 40               | 55                 |
| 96                                                                          | K 81+993 | K 82+057 | CURVA            | 75.09     | 64.09        | -6.4          | 6.1         | 40               | 40                 |
| 97                                                                          | K 82+057 | K 82+112 | TANGENTE         |           | 55.21        | -6.4          |             | 40               | 40                 |
| 98                                                                          | K 82+112 | K 82+198 | CURVA            | 68.96     | 85.33        | -2.2          | 7.7         | 40               | 40                 |
| 99                                                                          | K 82+198 | K 82+399 | TANGENTE         |           | 201.08       | -2.2          |             | 40               | 45                 |
| 100                                                                         | K 82+399 | K 82+456 | CURVA            | 88.21     | 57.20        | -4.6          | 7.2         | 40               | 45                 |
| 101                                                                         | K 82+456 | K 82+586 | TANGENTE         |           | 130.40       | -4.6          |             | 40               | 45                 |
| 102                                                                         | K 82+586 | K 82+660 | CURVA            | 277.94    | 73.56        | -4.6          | 3.7         | 40               | 40                 |
| 103                                                                         | K 82+660 | K 82+760 | TANGENTE         |           | 100.10       | -4.6          |             | 40               | 40                 |
| 104                                                                         | K 82+760 | K 82+834 | CURVA            | 194.03    | 74.26        | -2.0          | 4.1         | 40               | 40                 |

### 3.2 OBTENCIÓN DE VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85

Una vez tomados en campo los datos de velocidades de operación, fueron transcritos a un formato digital donde se obtuvo la velocidad de operación del percentil 85 ( $V_{85}$ ) para los 3 tipos de vehículos estudiados: autos, buses y camiones de dos ejes y para los sentidos de la vía: Sur-Norte y Norte-Sur.

El percentil 85 de la velocidad de operación se obtiene ordenando de menor a mayor los datos tomados en campo y encontrando el punto que equivale al 85% de los datos, así:

$$V_{85} = \frac{85 \times N}{100}$$

Dónde:

N: número de muestras = 65

$$V_{85} = \frac{85 \times 65}{100} = 55.25$$

Por tanto para todos los elementos, la velocidad del percentil 85 estará en la posición 55.25 contando de menor a mayor. Ver anexo B. Velocidad de operación autos, buses y camiones por elemento. Sentidos Norte – Sur, Sur – Norte. Medio digital.

### 3.3 VELOCIDAD DE DISEÑO, VELOCIDAD ESPECÍFICA, VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 Y SUS RESPECTIVAS COMPARACIONES

Una vez obtenidas las velocidades del percentil 85 para cada elemento y en cada sentido de flujo en la vía, estos datos fueron llevados a una tabla de resumen, en donde se comparan los valores de velocidad de operación y la velocidad específica de cada elemento obtenida anteriormente, además se hizo la comparación entre velocidades del percentil 85 de un elemento y la del elemento inmediatamente anterior. Ver Tabla N° 7.2 y Tabla N° 7.3.

Vale la pena aclarar que del km 82+455 al km 82+834 no se realizó la medición de las velocidades de operación ya que el nivel de servicio de esta zona se acerca al nivel F, esto quiere decir que la velocidad en gran parte del tiempo llega a ser muy pequeña o cero (0 km/h), probablemente esto se deba a que la entrada a la ciudad de Pasto permanece congestionada la mayor parte del tiempo. Ver fotografías N° 7.1 y N° 7.2.

**Fotografía N° 7.1. Problema de filas a la entrada a la ciudad de Pasto, ejemplo N° 1.**



**Fotografía N° 7.2. Problema de filas a la entrada a la ciudad de Pasto, ejemplo N° 2.**



**Tabla N° 7.2. Velocidad de diseño, velocidad específica, Velocidad del percentil 85 y sus respectivas comparaciones. Sentido Sur-Norte.**

| TRAMO "EL TAMBOR"-SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------|------|------|
| DIRECCIÓN DE TRAFICO SUR-NORTE                                              |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
| ELEMENTO                                                                    | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF.<br>(Km/h) | V. DE OPERACIÓN<br>(V85) (Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85<br>(Km/h) Y V85(n-1)<br>(Km/h) |      |      |
|                                                                             |                     |                       | A                               | B    | C2   | A                                        | B    | C2   | A                                             | B    | C2   |
| 1                                                                           | 40                  | 50                    | 61,4                            | 58,0 | 53,0 | 11,4                                     | 8,0  | 3,0  | --                                            | --   | --   |
| 2                                                                           | 40                  | 50                    | 68,0                            | 58,0 | 56,4 | 18,0                                     | 8,0  | 6,4  | 6,6                                           | 0,0  | 3,4  |
| 3                                                                           | 40                  | 50                    | 63,0                            | 59,4 | 52,4 | 13,0                                     | 9,4  | 2,4  | -5,0                                          | 1,4  | -4,0 |
| 4                                                                           | 40                  | 50                    | 64,0                            | 58,0 | 54,0 | 14,0                                     | 8,0  | 4,0  | 1,0                                           | -1,4 | 1,6  |
| 5                                                                           | 40                  | 45                    | 61,0                            | 59,0 | 51,0 | 16,0                                     | 14,0 | 6,0  | -3,0                                          | 1,0  | -3,0 |
| 6                                                                           | 40                  | 45                    | 74,0                            | 66,0 | 52,8 | 29,0                                     | 21,0 | 7,8  | 13,0                                          | 7,0  | 1,8  |
| 7                                                                           | 40                  | 40                    | 69,4                            | 65,0 | 55,0 | 29,4                                     | 25,0 | 15,0 | -4,6                                          | -1,0 | 2,2  |
| 8                                                                           | 40                  | 55                    | 77,8                            | 67,4 | 55,0 | 22,8                                     | 12,4 | 0,0  | 8,4                                           | 2,4  | 0,0  |
| 9                                                                           | 40                  | 55                    | 72,0                            | 65,0 | 54,0 | 17,0                                     | 10,0 | -1,0 | -5,8                                          | -2,4 | -1,0 |
| 10                                                                          | 40                  | 55                    | 78,4                            | 69,0 | 58,4 | 23,4                                     | 14,0 | 3,4  | 6,4                                           | 4,0  | 4,4  |
| 11                                                                          | 40                  | 40                    | 77,0                            | 67,4 | 58,0 | 37,0                                     | 27,4 | 18,0 | -1,4                                          | -1,6 | -0,4 |
| 12                                                                          | 40                  | 50                    | 79,0                            | 70,4 | 58,4 | 29,0                                     | 20,4 | 8,4  | 2,0                                           | 3,0  | 0,4  |

**Tabla N° 7.2 (continuación)**

| TRAMO "EL TAMBOR"-SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                            |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|--------------------------------------------|-------|-------|
| DIRECCION DE TRAFICO SUR-NORTE                                              |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                            |       |       |
| ELEMENTO                                                                    | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF.<br>(Km/h) | V. DE OPERACIÓN<br>(V85) (Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85 (Km/h)<br>Y V85(n-1) (Km/h) |       |       |
|                                                                             |                     |                       | A                               | B    | C2   | A                                        | B    | C2   | A                                          | B     | C2    |
| 13                                                                          | 40                  | 50                    | 78.4                            | 70.4 | 59.4 | 28.4                                     | 20.4 | 9.4  | -0.6                                       | 0.0   | 1.0   |
| 14                                                                          | 40                  | 50                    | 90.4                            | 74.4 | 64.0 | 40.4                                     | 24.4 | 14.0 | 12.0                                       | 4.0   | 4.6   |
| 15                                                                          | 40                  | 50                    | 83.0                            | 73.0 | 62.4 | 33.0                                     | 23.0 | 12.4 | -7.4                                       | -1.4  | -1.6  |
| 16                                                                          | 40                  | 50                    | 81.0                            | 72.8 | 52.4 | 31.0                                     | 22.8 | 2.4  | -2.0                                       | -0.2  | -10.0 |
| 17                                                                          | 40                  | 40                    | 80.0                            | 68.0 | 51.4 | 40.0                                     | 28.0 | 11.4 | -1.0                                       | -4.8  | -1.0  |
| 18                                                                          | 40                  | 40                    | 82.4                            | 67.8 | 59.4 | 42.4                                     | 27.8 | 19.4 | 2.4                                        | -0.2  | 8.0   |
| 19                                                                          | 40                  | 40                    | 82.0                            | 70.4 | 58.0 | 42.0                                     | 30.4 | 18.0 | -0.4                                       | 2.6   | -1.4  |
| 20                                                                          | 40                  | 50                    | 79.0                            | 69.0 | 58.0 | 29.0                                     | 19.0 | 8.0  | -3.0                                       | -1.4  | 0.0   |
| 21                                                                          | 40                  | 50                    | 72.4                            | 69.0 | 56.0 | 22.4                                     | 19.0 | 6.0  | -6.6                                       | 0.0   | -2.0  |
| 22                                                                          | 40                  | 50                    | 75.0                            | 69.0 | 57.4 | 25.0                                     | 19.0 | 7.4  | 2.6                                        | 0.0   | 1.4   |
| 23                                                                          | 40                  | 40                    | 70.0                            | 69.4 | 55.8 | 30.0                                     | 29.4 | 15.8 | -5.0                                       | 0.4   | -1.6  |
| 24                                                                          | 40                  | 40                    | 79.4                            | 73.8 | 61.4 | 39.4                                     | 33.8 | 21.4 | 9.4                                        | 4.4   | 5.6   |
| 25                                                                          | 40                  | 40                    | 72.0                            | 66.4 | 62.0 | 32.0                                     | 26.4 | 22.0 | -7.4                                       | -7.4  | 0.6   |
| 26                                                                          | 40                  | 50                    | 76.4                            | 70.0 | 61.4 | 26.4                                     | 20.0 | 11.4 | 4.4                                        | 3.6   | -0.6  |
| 27                                                                          | 40                  | 50                    | 71.0                            | 67.0 | 58.4 | 21.0                                     | 17.0 | 8.4  | -5.4                                       | -3.0  | -3.0  |
| 28                                                                          | 40                  | 50                    | 81.4                            | 73.0 | 60.4 | 31.4                                     | 23.0 | 10.4 | 10.4                                       | 6.0   | 2.0   |
| 29                                                                          | 40                  | 45                    | 57.0                            | 54.0 | 49.0 | 12.0                                     | 9.0  | 4.0  | -24.4                                      | -19.0 | -11.4 |
| 30                                                                          | 40                  | 45                    | 75.0                            | 68.0 | 60.0 | 30.0                                     | 23.0 | 15.0 | 18.0                                       | 14.0  | 11.0  |
| 31                                                                          | 40                  | 40                    | 73.4                            | 69.0 | 58.4 | 33.4                                     | 29.0 | 18.4 | -1.6                                       | 1.0   | -1.6  |
| 32                                                                          | 40                  | 65                    | 76.4                            | 71.0 | 60.4 | 11.4                                     | 6.0  | -4.6 | 3.0                                        | 2.0   | 2.0   |
| 33                                                                          | 40                  | 65                    | 79.8                            | 69.0 | 60.0 | 14.8                                     | 4.0  | -5.0 | 3.4                                        | -2.0  | -0.4  |
| 34                                                                          | 40                  | 60                    | 86.4                            | 73.4 | 62.4 | 26.4                                     | 13.4 | 2.4  | 6.6                                        | 4.4   | 2.4   |
| 35                                                                          | 40                  | 50                    | 64.4                            | 63.0 | 54.4 | 14.4                                     | 13.0 | 4.4  | -22.0                                      | -10.4 | -8.0  |
| 36                                                                          | 40                  | 60                    | 81.4                            | 71.0 | 62.4 | 21.4                                     | 11.0 | 2.4  | 17.0                                       | 8.0   | 8.0   |
| 37                                                                          | 40                  | 60                    | 68.8                            | 68.0 | 58.0 | 8.8                                      | 8.0  | -2.0 | -12.6                                      | -3.0  | -4.4  |
| 38                                                                          | 40                  | 60                    | 84.4                            | 79.4 | 67.0 | 24.4                                     | 19.4 | 7.0  | 15.6                                       | 11.4  | 9.0   |
| 39                                                                          | 40                  | 50                    | 80.4                            | 73.0 | 63.0 | 30.4                                     | 23.0 | 13.0 | -4.0                                       | -6.4  | -4.0  |
| 40                                                                          | 40                  | 50                    | 81.4                            | 78.8 | 61.4 | 31.4                                     | 28.8 | 11.4 | 1.0                                        | 5.8   | -1.6  |
| 41                                                                          | 40                  | 40                    | 78.4                            | 70.8 | 57.0 | 38.4                                     | 30.8 | 17.0 | -3.0                                       | -8.0  | -4.4  |
| 42                                                                          | 40                  | 40                    | 80.4                            | 74.4 | 65.0 | 40.4                                     | 34.4 | 25.0 | 2.0                                        | 3.6   | 8.0   |
| 43                                                                          | 40                  | 40                    | 81.0                            | 70.0 | 61.0 | 41.0                                     | 30.0 | 21.0 | 0.6                                        | -4.4  | -4.0  |
| 44                                                                          | 40                  | 45                    | 80.8                            | 74.0 | 62.0 | 35.8                                     | 29.0 | 17.0 | -0.2                                       | 4.0   | 1.0   |
| 45                                                                          | 40                  | 45                    | 64.0                            | 61.0 | 56.0 | 19.0                                     | 16.0 | 11.0 | -16.8                                      | -13.0 | -6.0  |
| 46                                                                          | 40                  | 60                    | 68.4                            | 63.4 | 59.0 | 8.4                                      | 3.4  | -1.0 | 4.4                                        | 2.4   | 3.0   |
| 47                                                                          | 40                  | 60                    | 69.4                            | 65.0 | 54.4 | 9.4                                      | 5.0  | -5.6 | 1.0                                        | 1.6   | -4.6  |
| 48                                                                          | 40                  | 60                    | 76.4                            | 70.4 | 62.4 | 16.4                                     | 10.4 | 2.4  | 7.0                                        | 5.4   | 8.0   |
| 49                                                                          | 40                  | 40                    | 80.0                            | 70.0 | 64.0 | 40.0                                     | 30.0 | 24.0 | 3.6                                        | -0.4  | 1.6   |
| 50                                                                          | 40                  | 45                    | 78.8                            | 75.0 | 61.0 | 33.8                                     | 30.0 | 16.0 | -1.2                                       | 5.0   | -3.0  |

**Tabla N° 7.2 (continuación)**

| TRAMO "EL TAMBOR"-SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                            |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|--------------------------------------------|-------|-------|
| DIRECCION DE TRAFICO SUR-NORTE                                              |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                            |       |       |
| ELEMENTO                                                                    | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF.<br>(Km/h) | V. DE OPERACIÓN<br>(V85) (Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85 (Km/h)<br>Y V85(n-1) (Km/h) |       |       |
|                                                                             |                     |                       | A                               | B    | C2   | A                                        | B    | C2   | A                                          | B     | C2    |
| 51                                                                          | 40                  | 45                    | 80.0                            | 74.4 | 64.4 | 35.0                                     | 29.4 | 19.4 | 1.2                                        | -0.6  | 3.4   |
| 52                                                                          | 40                  | 45                    | 83.4                            | 74.0 | 63.2 | 38.4                                     | 29.0 | 18.2 | 3.4                                        | -0.4  | -1.2  |
| 53                                                                          | 40                  | 45                    | 65.4                            | 64.4 | 56.0 | 20.4                                     | 19.4 | 11.0 | -18.0                                      | -9.6  | -7.2  |
| 54                                                                          | 40                  | 50                    | 73.0                            | 67.0 | 58.4 | 23.0                                     | 17.0 | 8.4  | 7.6                                        | 2.6   | 2.4   |
| 55                                                                          | 40                  | 50                    | 64.4                            | 61.0 | 52.8 | 14.4                                     | 11.0 | 2.8  | -8.6                                       | -6.0  | -5.6  |
| 56                                                                          | 40                  | 50                    | 74.4                            | 69.0 | 61.0 | 24.4                                     | 19.0 | 11.0 | 10.0                                       | 8.0   | 8.2   |
| 57                                                                          | 40                  | 40                    | 73.4                            | 68.0 | 56.4 | 33.4                                     | 28.0 | 16.4 | -1.0                                       | -1.0  | -4.6  |
| 58                                                                          | 40                  | 50                    | 84.0                            | 74.0 | 67.0 | 34.0                                     | 24.0 | 17.0 | 10.6                                       | 6.0   | 10.6  |
| 59                                                                          | 40                  | 50                    | 71.4                            | 69.4 | 56.2 | 21.4                                     | 19.4 | 6.2  | -12.6                                      | -4.6  | -10.8 |
| 60                                                                          | 40                  | 50                    | 83.4                            | 77.0 | 62.4 | 33.4                                     | 27.0 | 12.4 | 12.0                                       | 7.6   | 6.2   |
| 61                                                                          | 40                  | 40                    | 78.4                            | 68.0 | 62.4 | 38.4                                     | 28.0 | 22.4 | -5.0                                       | -9.0  | 0.0   |
| 62                                                                          | 40                  | 55                    | 84.0                            | 78.0 | 65.0 | 29.0                                     | 23.0 | 10.0 | 5.6                                        | 10.0  | 2.6   |
| 63                                                                          | 40                  | 55                    | 67.8                            | 66.0 | 55.0 | 12.8                                     | 11.0 | 0.0  | -16.2                                      | -12.0 | -10.0 |
| 64                                                                          | 40                  | 55                    | 76.4                            | 74.0 | 62.4 | 21.4                                     | 19.0 | 7.4  | 8.6                                        | 8.0   | 7.4   |
| 65                                                                          | 40                  | 45                    | 76.4                            | 73.4 | 59.0 | 31.4                                     | 28.4 | 14.0 | 0.0                                        | -0.6  | -3.4  |
| 66                                                                          | 40                  | 45                    | 85.0                            | 81.0 | 67.4 | 40.0                                     | 36.0 | 22.4 | 8.6                                        | 7.6   | 8.4   |
| 67                                                                          | 40                  | 45                    | 80.0                            | 78.0 | 62.0 | 35.0                                     | 33.0 | 17.0 | -5.0                                       | -3.0  | -5.4  |
| 68                                                                          | 40                  | 45                    | 83.0                            | 75.4 | 65.0 | 38.0                                     | 30.4 | 20.0 | 3.0                                        | -2.6  | 3.0   |
| 69                                                                          | 40                  | 45                    | 82.4                            | 74.8 | 63.4 | 37.4                                     | 29.8 | 18.4 | -0.6                                       | -0.6  | -1.6  |
| 70                                                                          | 40                  | 45                    | 82.4                            | 71.8 | 60.4 | 37.4                                     | 26.8 | 15.4 | 0.0                                        | -3.0  | -3.0  |
| 71                                                                          | 40                  | 40                    | 78.4                            | 68.2 | 60.0 | 38.4                                     | 28.2 | 20.0 | -4.0                                       | -3.6  | -0.4  |
| 72                                                                          | 40                  | 40                    | 82.4                            | 74.8 | 59.4 | 42.4                                     | 34.8 | 19.4 | 4.0                                        | 6.6   | -0.6  |
| 73                                                                          | 40                  | 40                    | 79.0                            | 72.4 | 57.0 | 39.0                                     | 32.4 | 17.0 | -3.4                                       | -2.4  | -2.4  |
| 74                                                                          | 40                  | 40                    | 73.4                            | 64.4 | 55.0 | 33.4                                     | 24.4 | 15.0 | -5.6                                       | -8.0  | -2.0  |
| 75                                                                          | 40                  | 40                    | 61.0                            | 55.0 | 50.0 | 21.0                                     | 15.0 | 10.0 | -12.4                                      | -9.4  | -5.0  |
| 76                                                                          | 40                  | 40                    | 78.6                            | 68.0 | 62.4 | 38.6                                     | 28.0 | 22.4 | 17.6                                       | 13.0  | 12.4  |
| 77                                                                          | 40                  | 40                    | 82.0                            | 70.4 | 62.4 | 42.0                                     | 30.4 | 22.4 | 3.4                                        | 2.4   | 0.0   |
| 78                                                                          | 40                  | 40                    | 70.0                            | 64.0 | 56.4 | 30.0                                     | 24.0 | 16.4 | -12.0                                      | -6.4  | -6.0  |
| 79                                                                          | 40                  | 55                    | 72.0                            | 64.4 | 57.4 | 17.0                                     | 9.4  | 2.4  | 2.0                                        | 0.4   | 1.0   |
| 80                                                                          | 40                  | 55                    | 64.0                            | 61.0 | 52.4 | 9.0                                      | 6.0  | -2.6 | -8.0                                       | -3.4  | -5.0  |
| 81                                                                          | 40                  | 55                    | 75.4                            | 67.4 | 58.4 | 20.4                                     | 12.4 | 3.4  | 11.4                                       | 6.4   | 6.0   |
| 82                                                                          | 40                  | 50                    | 69.4                            | 66.0 | 55.0 | 19.4                                     | 16.0 | 5.0  | -6.0                                       | -1.4  | -3.4  |
| 83                                                                          | 40                  | 50                    | 76.0                            | 68.0 | 58.0 | 26.0                                     | 18.0 | 8.0  | 6.6                                        | 2.0   | 3.0   |
| 84                                                                          | 40                  | 45                    | 79.0                            | 68.0 | 56.0 | 34.0                                     | 23.0 | 11.0 | 3.0                                        | 0.0   | -2.0  |
| 85                                                                          | 40                  | 45                    | 79.4                            | 71.0 | 61.4 | 34.4                                     | 26.0 | 16.4 | 0.4                                        | 3.0   | 5.4   |
| 86                                                                          | 40                  | 40                    | 85.4                            | 68.0 | 61.4 | 45.4                                     | 28.0 | 21.4 | 6.0                                        | -3.0  | 0.0   |
| 87                                                                          | 40                  | 40                    | 82.4                            | 74.4 | 59.8 | 42.4                                     | 34.4 | 19.8 | -3.0                                       | 6.4   | -1.6  |
| 88                                                                          | 40                  | 40                    | 73.8                            | 67.4 | 55.0 | 33.8                                     | 27.4 | 15.0 | -8.6                                       | -7.0  | -4.8  |

**Tabla N° 7.2 (continuación)**

| TRAMO "EL TAMBOR"-SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                            |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|--------------------------------------------|------|------|
| DIRECCION DE TRAFICO SUR-NORTE                                              |                     |                       |                                 |      |      |                                          |      |      |                                            |      |      |
| ELEMENTO                                                                    | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF.<br>(Km/h) | V. DE OPERACIÓN<br>(V85) (Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85 (Km/h)<br>Y V85(n-1) (Km/h) |      |      |
|                                                                             |                     |                       | A                               | B    | C2   | A                                        | B    | C2   | A                                          | B    | C2   |
| 89                                                                          | 40                  | 45                    | 71.4                            | 62.4 | 52.0 | 26.4                                     | 17.4 | 7.0  | -2.4                                       | -5.0 | -3.0 |
| 90                                                                          | 40                  | 45                    | 68.0                            | 61.8 | 56.0 | 23.0                                     | 16.8 | 11.0 | -3.4                                       | -0.6 | 4.0  |
| 91                                                                          | 40                  | 55                    | 72.4                            | 60.0 | 56.4 | 17.4                                     | 5.0  | 1.4  | 4.4                                        | -1.8 | 0.4  |
| 92                                                                          | 40                  | 55                    | 63.4                            | 55.4 | 52.0 | 8.4                                      | 0.4  | -3.0 | -9.0                                       | -4.6 | -4.4 |
| 93                                                                          | 40                  | 55                    | 67.0                            | 58.0 | 54.0 | 12.0                                     | 3.0  | -1.0 | 3.6                                        | 2.6  | 2.0  |
| 94                                                                          | 40                  | 55                    | 66.4                            | 57.8 | 51.4 | 11.4                                     | 2.8  | -3.6 | -0.6                                       | -0.2 | -2.6 |
| 95                                                                          | 40                  | 55                    | 74.8                            | 62.0 | 53.0 | 19.8                                     | 7.0  | -2.0 | 8.4                                        | 4.2  | 1.6  |
| 96                                                                          | 40                  | 40                    | 60.0                            | 55.0 | 51.4 | 20.0                                     | 15.0 | 11.4 | -14.8                                      | -7.0 | -1.6 |
| 97                                                                          | 40                  | 40                    | 61.0                            | 55.0 | 52.4 | 21.0                                     | 15.0 | 12.4 | 1.0                                        | 0.0  | 1.0  |
| 98                                                                          | 40                  | 40                    | 56.0                            | 51.0 | 45.4 | 16.0                                     | 11.0 | 5.4  | -5.0                                       | -4.0 | -7.0 |
| 99                                                                          | 40                  | 45                    | N.E.                            | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                       | N.E. | N.E. |
| 100                                                                         | 40                  | 45                    | N.E.                            | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                       | N.E. | N.E. |
| 101                                                                         | 40                  | 45                    | N.E.                            | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                       | N.E. | N.E. |
| 102                                                                         | 40                  | 40                    | N.E.                            | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                       | N.E. | N.E. |
| 103                                                                         | 40                  | 40                    | N.E.                            | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                       | N.E. | N.E. |
| 104                                                                         | 40                  | 40                    | N.E.                            | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                       | N.E. | N.E. |

NOTA: N.E. Representa velocidades de operación o comparaciones de velocidades no evaluadas para esos elementos.

**Tabla N° 7.3. Velocidad de diseño, velocidad específica, Velocidad del percentil 85 y sus respectivas comparaciones. Sentido Norte-Sur.**

| TRAMO SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO - "EL TAMBOR" RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------|------|------|
| DIRECCION DE TRAFICO NORTE-SUR                                                |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
| No<br>ELEMENTO                                                                | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF<br>(Km/h) | VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN V85<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85<br>(Km/h) Y V85(n-1)<br>(Km/h) |      |      |
|                                                                               |                     |                      | A                                       | B    | C    | A                                        | B    | C    | A                                             | B    | C    |
| 104                                                                           | 40                  | 40                   | N.E.                                    | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                          | N.E. | N.E. |
| 103                                                                           | 40                  | 40                   | N.E.                                    | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                          | N.E. | N.E. |
| 102                                                                           | 40                  | 40                   | N.E.                                    | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                          | N.E. | N.E. |
| 101                                                                           | 40                  | 45                   | N.E.                                    | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                          | N.E. | N.E. |
| 100                                                                           | 40                  | 45                   | N.E.                                    | N.E. | N.E. | N.E.                                     | N.E. | N.E. | N.E.                                          | N.E. | N.E. |
| 99                                                                            | 40                  | 45                   | 62,4                                    | 60,4 | 58,0 | 17,4                                     | 15,4 | 13,0 | 62,4                                          | 60,4 | 58,0 |
| 98                                                                            | 40                  | 40                   | 60,0                                    | 55,4 | 52,0 | 20,0                                     | 15,4 | 12,0 | -2,4                                          | -5,0 | -6,0 |
| 97                                                                            | 40                  | 40                   | 59,4                                    | 58,0 | 54,0 | 19,4                                     | 18,0 | 14,0 | -0,6                                          | 2,6  | 2,0  |
| 96                                                                            | 40                  | 40                   | 57,4                                    | 55,0 | 52,4 | 17,4                                     | 15,0 | 12,4 | -2,0                                          | -3,0 | -1,6 |

**Tabla N° 7.3 (continuación)**

| TRAMO SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO - "EL TAMBOR" RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------|------|------|
| DIRECCION DE TRAFICO NORTE-SUR                                                |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
| ELEMENTO                                                                      | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF<br>(Km/h) | VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN V85<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85<br>(Km/h) Y V85(n-1)<br>(Km/h) |      |      |
|                                                                               |                     |                      | A                                       | B    | C    | A                                        | B    | C    | A                                             | B    | C    |
| 95                                                                            | 40                  | 55                   | 59.0                                    | 53.4 | 52.4 | 4.0                                      | -1.6 | -2.6 | 1.6                                           | -1.6 | 0.0  |
| 94                                                                            | 40                  | 55                   | 59.4                                    | 54.4 | 54.4 | 4.4                                      | -0.6 | -0.6 | 0.4                                           | 1.0  | 2.0  |
| 93                                                                            | 40                  | 55                   | 64.4                                    | 55.4 | 51.4 | 9.4                                      | 0.4  | -3.6 | 5.0                                           | 1.0  | -3.0 |
| 92                                                                            | 40                  | 55                   | 57.4                                    | 56.0 | 49.4 | 2.4                                      | 1.0  | -5.6 | -7.0                                          | 0.6  | -2.0 |
| 91                                                                            | 40                  | 55                   | 59.4                                    | 54.4 | 51.0 | 4.4                                      | -0.6 | -4.0 | 2.0                                           | -1.6 | 1.6  |
| 90                                                                            | 40                  | 45                   | 63.4                                    | 54.0 | 51.0 | 18.4                                     | 9.0  | 6.0  | 4.0                                           | -0.4 | 0.0  |
| 89                                                                            | 40                  | 45                   | 74.0                                    | 66.0 | 55.4 | 29.0                                     | 21.0 | 10.4 | 10.6                                          | 12.0 | 4.4  |
| 88                                                                            | 40                  | 40                   | 75.0                                    | 63.8 | 58.0 | 35.0                                     | 23.8 | 18.0 | 1.0                                           | -2.2 | 2.6  |
| 87                                                                            | 40                  | 40                   | 76.4                                    | 67.4 | 61.0 | 36.4                                     | 27.4 | 21.0 | 1.4                                           | 3.6  | 3.0  |
| 86                                                                            | 40                  | 40                   | 75.4                                    | 64.4 | 59.0 | 35.4                                     | 24.4 | 19.0 | -1.0                                          | -3.0 | -2.0 |
| 85                                                                            | 40                  | 45                   | 71.0                                    | 66.4 | 59.0 | 26.0                                     | 21.4 | 14.0 | -4.4                                          | 2.0  | 0.0  |
| 84                                                                            | 40                  | 45                   | 74.0                                    | 63.0 | 60.0 | 29.0                                     | 18.0 | 15.0 | 3.0                                           | -3.4 | 1.0  |
| 83                                                                            | 40                  | 50                   | 69.4                                    | 64.4 | 60.4 | 19.4                                     | 14.4 | 10.4 | -4.6                                          | 1.4  | 0.4  |
| 82                                                                            | 40                  | 50                   | 68.4                                    | 63.4 | 59.4 | 18.4                                     | 13.4 | 9.4  | -1.0                                          | -1.0 | -1.0 |
| 81                                                                            | 40                  | 55                   | 74.0                                    | 68.4 | 59.4 | 19.0                                     | 13.4 | 4.4  | 5.6                                           | 5.0  | 0.0  |
| 80                                                                            | 40                  | 55                   | 66.4                                    | 64.0 | 57.4 | 11.4                                     | 9.0  | 2.4  | -7.6                                          | -4.4 | -2.0 |
| 79                                                                            | 40                  | 55                   | 69.0                                    | 64.0 | 54.4 | 14.0                                     | 9.0  | -0.6 | 2.6                                           | 0.0  | -3.0 |
| 78                                                                            | 40                  | 40                   | 67.0                                    | 60.0 | 55.0 | 27.0                                     | 20.0 | 15.0 | -2.0                                          | -4.0 | 0.6  |
| 77                                                                            | 40                  | 40                   | 73.2                                    | 66.0 | 58.6 | 33.2                                     | 26.0 | 18.6 | 6.2                                           | 6.0  | 3.6  |
| 76                                                                            | 40                  | 40                   | 67.4                                    | 59.0 | 51.4 | 27.4                                     | 19.0 | 11.4 | -5.8                                          | -7.0 | -7.2 |
| 75                                                                            | 40                  | 40                   | 58.4                                    | 55.0 | 50.8 | 18.4                                     | 15.0 | 10.8 | -9.0                                          | -4.0 | -0.6 |
| 74                                                                            | 40                  | 40                   | 67.4                                    | 62.4 | 58.0 | 27.4                                     | 22.4 | 18.0 | 9.0                                           | 7.4  | 7.2  |
| 73                                                                            | 40                  | 40                   | 66.4                                    | 61.0 | 53.4 | 26.4                                     | 21.0 | 13.4 | -1.0                                          | -1.4 | -4.6 |
| 72                                                                            | 40                  | 40                   | 76.4                                    | 68.4 | 59.4 | 36.4                                     | 28.4 | 19.4 | 10.0                                          | 7.4  | 6.0  |
| 71                                                                            | 40                  | 40                   | 74.2                                    | 66.0 | 61.4 | 34.2                                     | 26.0 | 21.4 | -2.2                                          | -2.4 | 2.0  |
| 70                                                                            | 40                  | 45                   | 77.0                                    | 69.0 | 58.4 | 32.0                                     | 24.0 | 13.4 | 2.8                                           | 3.0  | -3.0 |
| 69                                                                            | 40                  | 45                   | 79.0                                    | 70.4 | 59.4 | 34.0                                     | 25.4 | 14.4 | 2.0                                           | 1.4  | 1.0  |
| 68                                                                            | 40                  | 45                   | 75.4                                    | 68.4 | 60.0 | 30.4                                     | 23.4 | 15.0 | -3.6                                          | -2.0 | 0.6  |
| 67                                                                            | 40                  | 45                   | 70.8                                    | 66.0 | 57.0 | 25.8                                     | 21.0 | 12.0 | -4.6                                          | -2.4 | -3.0 |
| 66                                                                            | 40                  | 45                   | 74.0                                    | 68.8 | 58.0 | 29.0                                     | 23.8 | 13.0 | 3.2                                           | 2.8  | 1.0  |
| 65                                                                            | 40                  | 45                   | 71.0                                    | 66.4 | 58.4 | 26.0                                     | 21.4 | 13.4 | -3.0                                          | -2.4 | 0.4  |
| 64                                                                            | 40                  | 55                   | 74.8                                    | 66.0 | 59.0 | 19.8                                     | 11.0 | 4.0  | 3.8                                           | -0.4 | 0.6  |
| 63                                                                            | 40                  | 55                   | 69.0                                    | 64.4 | 57.0 | 14.0                                     | 9.4  | 2.0  | -5.8                                          | -1.6 | -2.0 |
| 62                                                                            | 40                  | 55                   | 83.0                                    | 75.4 | 66.8 | 28.0                                     | 20.4 | 11.8 | 14.0                                          | 11.0 | 9.8  |
| 61                                                                            | 40                  | 40                   | 77.0                                    | 73.4 | 61.0 | 37.0                                     | 33.4 | 21.0 | -6.0                                          | -2.0 | -5.8 |
| 60                                                                            | 40                  | 50                   | 75.0                                    | 71.6 | 59.0 | 25.0                                     | 21.6 | 9.0  | -2.0                                          | -1.8 | -2.0 |
| 59                                                                            | 40                  | 50                   | 71.4                                    | 68.4 | 59.4 | 21.4                                     | 18.4 | 9.4  | -3.6                                          | -3.2 | 0.4  |
| 58                                                                            | 40                  | 50                   | 78.0                                    | 70.4 | 58.4 | 28.0                                     | 20.4 | 8.4  | 6.6                                           | 2.0  | -1.0 |

**Tabla N° 7.3 (continuación)**

| TRAMO SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO - "EL TAMBOR" RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------|------|------|
| DIRECCION DE TRAFICO NORTE-SUR                                                |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |      |      |
| ELEMENTO                                                                      | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF<br>(Km/h) | VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN V85<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85<br>(Km/h) Y V85(n-1)<br>(Km/h) |      |      |
|                                                                               |                     |                      | A                                       | B    | C    | A                                        | B    | C    | A                                             | B    | C    |
| 57                                                                            | 40                  | 40                   | 74.0                                    | 69.0 | 57.0 | 34.0                                     | 29.0 | 17.0 | -4.0                                          | -1.4 | -1.4 |
| 56                                                                            | 40                  | 50                   | 71.4                                    | 63.4 | 57.0 | 21.4                                     | 13.4 | 7.0  | -2.6                                          | -5.6 | 0.0  |
| 55                                                                            | 40                  | 50                   | 64.0                                    | 60.4 | 56.0 | 14.0                                     | 10.4 | 6.0  | -7.4                                          | -3.0 | -1.0 |
| 54                                                                            | 40                  | 50                   | 64.0                                    | 62.0 | 53.4 | 14.0                                     | 12.0 | 3.4  | 0.0                                           | 1.6  | -2.6 |
| 53                                                                            | 40                  | 45                   | 63.0                                    | 62.0 | 53.4 | 18.0                                     | 17.0 | 8.4  | -1.0                                          | 0.0  | 0.0  |
| 52                                                                            | 40                  | 45                   | 69.4                                    | 61.8 | 54.0 | 24.4                                     | 16.8 | 9.0  | 6.4                                           | -0.2 | 0.6  |
| 51                                                                            | 40                  | 45                   | 70.0                                    | 64.0 | 56.4 | 25.0                                     | 19.0 | 11.4 | 0.6                                           | 2.2  | 2.4  |
| 50                                                                            | 40                  | 45                   | 76.0                                    | 66.0 | 56.0 | 31.0                                     | 21.0 | 11.0 | 6.0                                           | 2.0  | -0.4 |
| 49                                                                            | 40                  | 40                   | 74.0                                    | 64.4 | 58.0 | 34.0                                     | 24.4 | 18.0 | -2.0                                          | -1.6 | 2.0  |
| 48                                                                            | 40                  | 60                   | 74.4                                    | 68.0 | 61.4 | 14.4                                     | 8.0  | 1.4  | 0.4                                           | 3.6  | 3.4  |
| 47                                                                            | 40                  | 60                   | 69.0                                    | 65.0 | 56.4 | 9.0                                      | 5.0  | -3.6 | -5.4                                          | -3.0 | -5.0 |
| 46                                                                            | 40                  | 60                   | 69.0                                    | 61.0 | 56.4 | 9.0                                      | 1.0  | -3.6 | 0.0                                           | -4.0 | 0.0  |
| 45                                                                            | 40                  | 45                   | 65.0                                    | 60.4 | 56.0 | 20.0                                     | 15.4 | 11.0 | -4.0                                          | -0.6 | -0.4 |
| 44                                                                            | 40                  | 45                   | 72.0                                    | 67.0 | 57.4 | 27.0                                     | 22.0 | 12.4 | 7.0                                           | 6.6  | 1.4  |
| 43                                                                            | 40                  | 40                   | 71.0                                    | 64.0 | 58.4 | 31.0                                     | 24.0 | 18.4 | -1.0                                          | -3.0 | 1.0  |
| 42                                                                            | 40                  | 40                   | 79.4                                    | 68.0 | 62.0 | 39.4                                     | 28.0 | 22.0 | 8.4                                           | 4.0  | 3.6  |
| 41                                                                            | 40                  | 40                   | 76.4                                    | 73.0 | 63.0 | 36.4                                     | 33.0 | 23.0 | -3.0                                          | 5.0  | 1.0  |
| 40                                                                            | 40                  | 50                   | 76.4                                    | 72.4 | 64.0 | 26.4                                     | 22.4 | 14.0 | 0.0                                           | -0.6 | 1.0  |
| 39                                                                            | 40                  | 50                   | 79.0                                    | 67.0 | 66.0 | 29.0                                     | 17.0 | 16.0 | 2.6                                           | -5.4 | 2.0  |
| 38                                                                            | 40                  | 60                   | 93.2                                    | 77.0 | 69.0 | 33.2                                     | 17.0 | 9.0  | 14.2                                          | 10.0 | 3.0  |
| 37                                                                            | 40                  | 60                   | 77.0                                    | 76.0 | 66.0 | 17.0                                     | 16.0 | 6.0  | -16.2                                         | -1.0 | -3.0 |
| 36                                                                            | 40                  | 60                   | 77.0                                    | 68.4 | 60.4 | 17.0                                     | 8.4  | 0.4  | 0.0                                           | -7.6 | -5.6 |
| 35                                                                            | 40                  | 50                   | 68.4                                    | 64.4 | 57.0 | 18.4                                     | 14.4 | 7.0  | -8.6                                          | -4.0 | -3.4 |
| 34                                                                            | 40                  | 60                   | 66.0                                    | 62.0 | 53.0 | 6.0                                      | 2.0  | -7.0 | -2.4                                          | -2.4 | -4.0 |
| 33                                                                            | 40                  | 65                   | 67.4                                    | 64.0 | 59.0 | 2.4                                      | -1.0 | -6.0 | 1.4                                           | 2.0  | 6.0  |
| 32                                                                            | 40                  | 65                   | 67.2                                    | 63.4 | 56.0 | 2.2                                      | -1.6 | -9.0 | -0.2                                          | -0.6 | -3.0 |
| 31                                                                            | 40                  | 40                   | 67.0                                    | 63.0 | 55.0 | 27.0                                     | 23.0 | 15.0 | -0.2                                          | -0.4 | -1.0 |
| 30                                                                            | 40                  | 45                   | 69.0                                    | 61.0 | 56.4 | 24.0                                     | 16.0 | 11.4 | 2.0                                           | -2.0 | 1.4  |
| 29                                                                            | 40                  | 45                   | 58.4                                    | 57.4 | 53.0 | 13.4                                     | 12.4 | 8.0  | -10.6                                         | -3.6 | -3.4 |
| 28                                                                            | 40                  | 50                   | 69.0                                    | 61.0 | 57.0 | 19.0                                     | 11.0 | 7.0  | 10.6                                          | 3.6  | 4.0  |
| 27                                                                            | 40                  | 50                   | 63.0                                    | 59.0 | 54.0 | 13.0                                     | 9.0  | 4.0  | -6.0                                          | -2.0 | -3.0 |
| 26                                                                            | 40                  | 50                   | 69.4                                    | 64.0 | 57.4 | 19.4                                     | 14.0 | 7.4  | 6.4                                           | 5.0  | 3.4  |
| 25                                                                            | 40                  | 40                   | 74.4                                    | 65.0 | 57.0 | 34.4                                     | 25.0 | 17.0 | 5.0                                           | 1.0  | -0.4 |
| 24                                                                            | 40                  | 40                   | 80.0                                    | 76.4 | 64.0 | 40.0                                     | 36.4 | 24.0 | 5.6                                           | 11.4 | 7.0  |
| 23                                                                            | 40                  | 40                   | 70.4                                    | 67.4 | 60.4 | 30.4                                     | 27.4 | 20.4 | -9.6                                          | -9.0 | -3.6 |
| 22                                                                            | 40                  | 50                   | 75.0                                    | 68.0 | 63.4 | 25.0                                     | 18.0 | 13.4 | 4.6                                           | 0.6  | 3.0  |
| 21                                                                            | 40                  | 50                   | 72.0                                    | 67.0 | 57.0 | 22.0                                     | 17.0 | 7.0  | -3.0                                          | -1.0 | -6.4 |
| 20                                                                            | 40                  | 50                   | 85.0                                    | 73.4 | 70.0 | 35.0                                     | 23.4 | 20.0 | 13.0                                          | 6.4  | 13.0 |

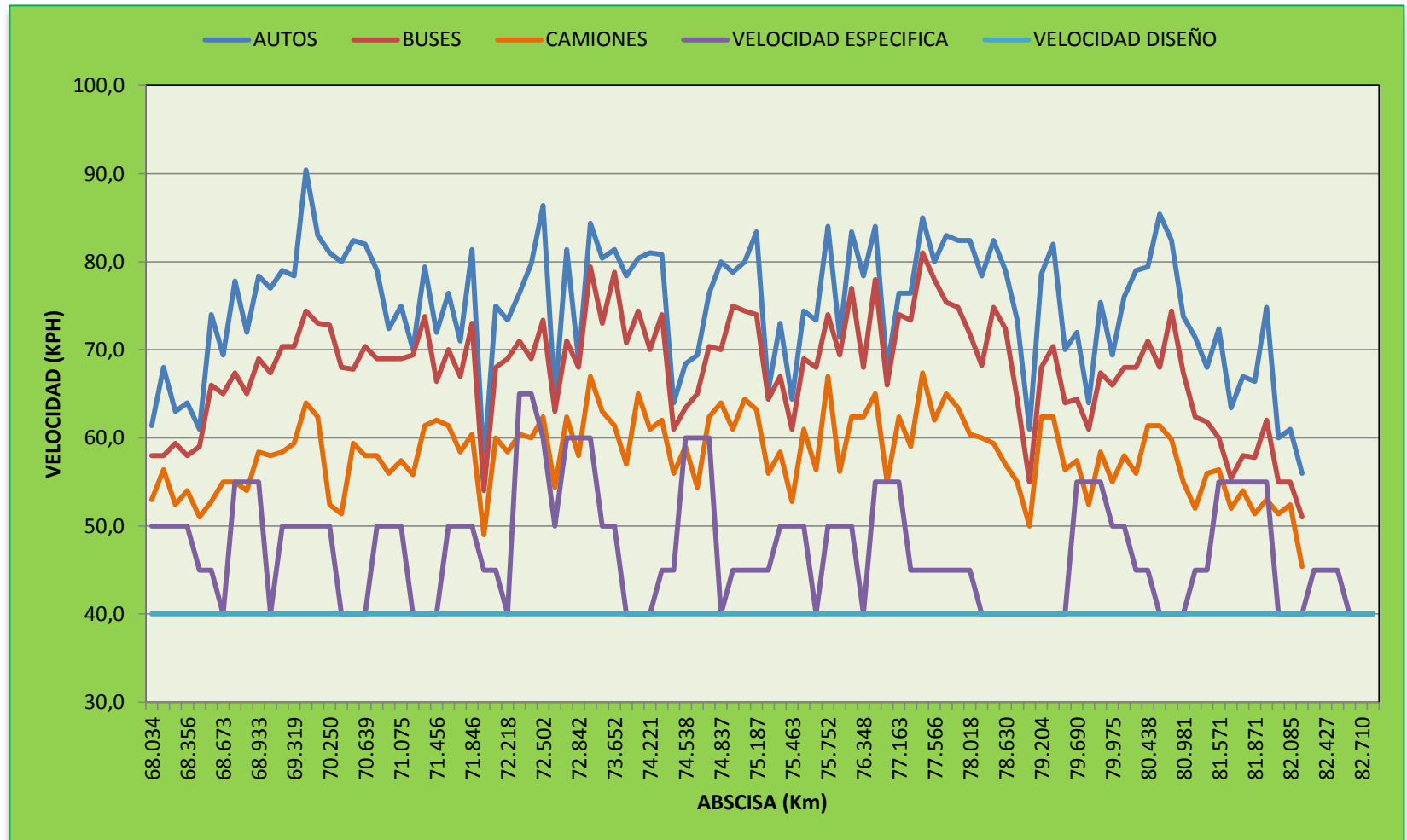
**Tabla N° 7.3 (continuación)**

| TRAMO SALIDA SUR CIUDAD DE PASTO - "EL TAMBOR" RUTA 25 O TRONCAL DE OCCIDENTE |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |       |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------|-------|------|
| DIRECCION DE TRAFICO NORTE-SUR                                                |                     |                      |                                         |      |      |                                          |      |      |                                               |       |      |
| ELEMENTO                                                                      | V. DISEÑO<br>(Km/h) | V. ESPECIF<br>(Km/h) | VELOCIDAD DE<br>OPERACIÓN V85<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA<br>V85(Km/h) Y V.E.<br>(Km/h) |      |      | DIFERENCIA V85<br>(Km/h) Y V85(n-1)<br>(Km/h) |       |      |
|                                                                               |                     |                      | A                                       | B    | C    | A                                        | B    | C    | A                                             | B     | C    |
| 19                                                                            | 40                  | 40                   | 81.4                                    | 71.0 | 65.0 | 41.4                                     | 31.0 | 25.0 | -3.6                                          | -2.4  | -5.0 |
| 18                                                                            | 40                  | 40                   | 83.8                                    | 73.4 | 68.0 | 43.8                                     | 33.4 | 28.0 | 2.4                                           | 2.4   | 3.0  |
| 17                                                                            | 40                  | 40                   | 80.0                                    | 71.4 | 64.0 | 40.0                                     | 31.4 | 24.0 | -3.8                                          | -2.0  | -4.0 |
| 16                                                                            | 40                  | 50                   | 89.0                                    | 78.4 | 66.4 | 39.0                                     | 28.4 | 16.4 | 9.0                                           | 7.0   | 2.4  |
| 15                                                                            | 40                  | 50                   | 95.0                                    | 80.0 | 72.0 | 45.0                                     | 30.0 | 22.0 | 6.0                                           | 1.6   | 5.6  |
| 14                                                                            | 40                  | 50                   | 87.4                                    | 79.0 | 74.4 | 37.4                                     | 29.0 | 24.4 | -7.6                                          | -1.0  | 2.4  |
| 13                                                                            | 40                  | 50                   | 89.0                                    | 75.8 | 65.4 | 39.0                                     | 25.8 | 15.4 | 1.6                                           | -3.2  | -9.0 |
| 12                                                                            | 40                  | 50                   | 83.0                                    | 74.4 | 67.4 | 33.0                                     | 24.4 | 17.4 | -6.0                                          | -1.4  | 2.0  |
| 11                                                                            | 40                  | 40                   | 80.0                                    | 70.4 | 67.0 | 40.0                                     | 30.4 | 27.0 | -3.0                                          | -4.0  | -0.4 |
| 10                                                                            | 40                  | 55                   | 82.0                                    | 77.0 | 67.4 | 27.0                                     | 22.0 | 12.4 | 2.0                                           | 6.6   | 0.4  |
| 9                                                                             | 40                  | 55                   | 69.4                                    | 63.4 | 59.0 | 14.4                                     | 8.4  | 4.0  | -12.6                                         | -13.6 | -8.4 |
| 8                                                                             | 40                  | 55                   | 77.8                                    | 68.0 | 64.0 | 22.8                                     | 13.0 | 9.0  | 8.4                                           | 4.6   | 5.0  |
| 7                                                                             | 40                  | 40                   | 76.4                                    | 73.4 | 62.4 | 36.4                                     | 33.4 | 22.4 | -1.4                                          | 5.4   | -1.6 |
| 6                                                                             | 40                  | 45                   | 80.4                                    | 72.0 | 66.4 | 35.4                                     | 27.0 | 21.4 | 4.0                                           | -1.4  | 4.0  |
| 5                                                                             | 40                  | 45                   | 68.4                                    | 63.0 | 61.0 | 23.4                                     | 18.0 | 16.0 | -12.0                                         | -9.0  | -5.4 |
| 4                                                                             | 40                  | 50                   | 68.0                                    | 65.0 | 57.8 | 18.0                                     | 15.0 | 7.8  | -0.4                                          | 2.0   | -3.2 |
| 3                                                                             | 40                  | 50                   | 63.0                                    | 60.0 | 56.0 | 13.0                                     | 10.0 | 6.0  | -5.0                                          | -5.0  | -1.8 |
| 2                                                                             | 40                  | 50                   | 70.0                                    | 64.0 | 57.4 | 20.0                                     | 14.0 | 7.4  | 7.0                                           | 4.0   | 1.4  |
| 1                                                                             | 40                  | 50                   | 60.0                                    | 56.4 | 56.0 | 10.0                                     | 6.4  | 6.0  | -10.0                                         | -7.6  | -1.4 |

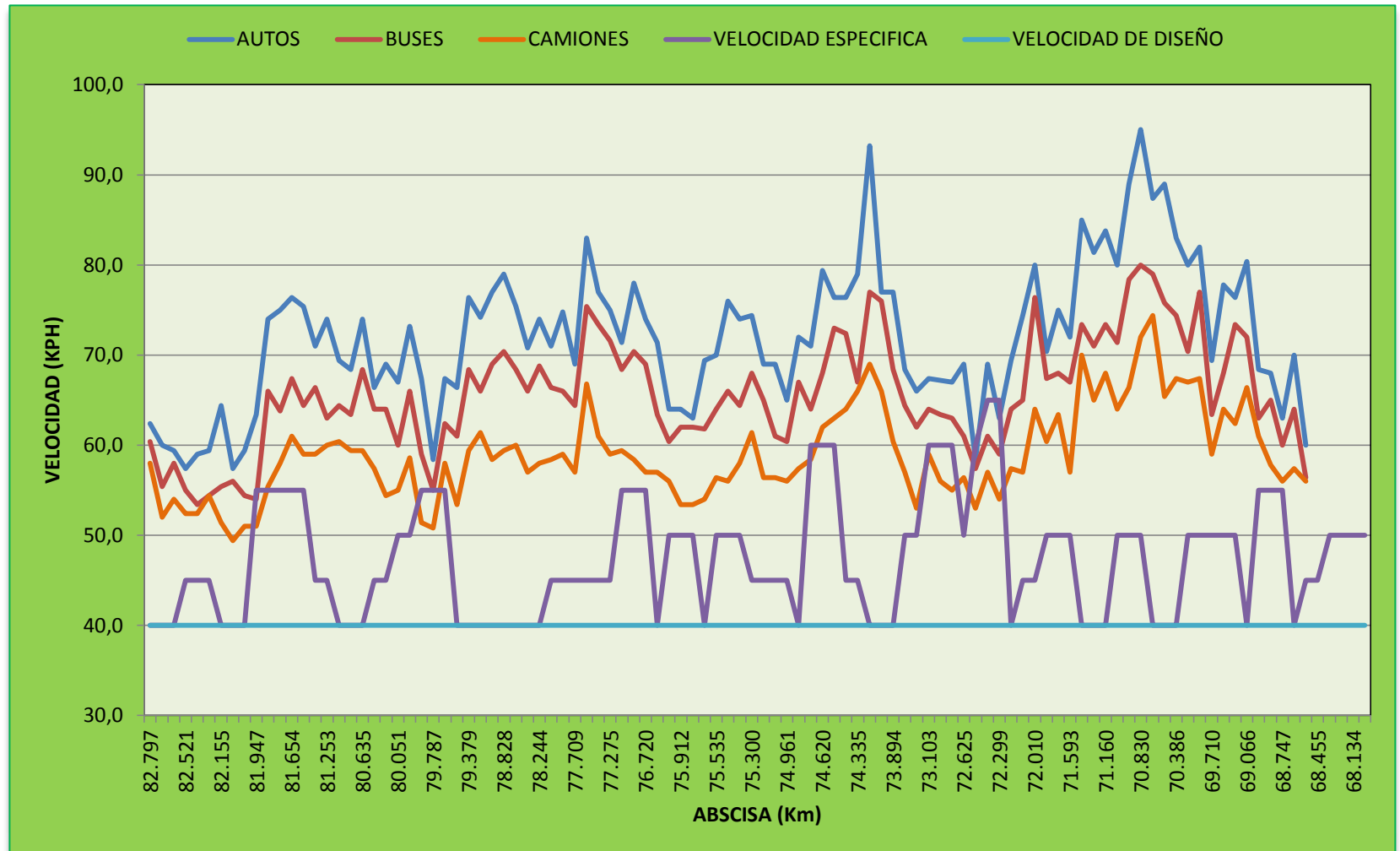
NOTA: N.E. Representa velocidades de operación o comparaciones de velocidades no evaluadas para esos elementos.

Como se había mencionado anteriormente una forma de organizar la información recolectada de un estudio de velocidades en la vía son los perfiles de velocidad, esta herramienta permite visualizar de una mejor manera el comportamiento o tendencia de los datos. A continuación se muestran los perfiles de velocidad elaborados a partir de los datos de velocidad de operación recolectados y de las velocidades específicas obtenidas.

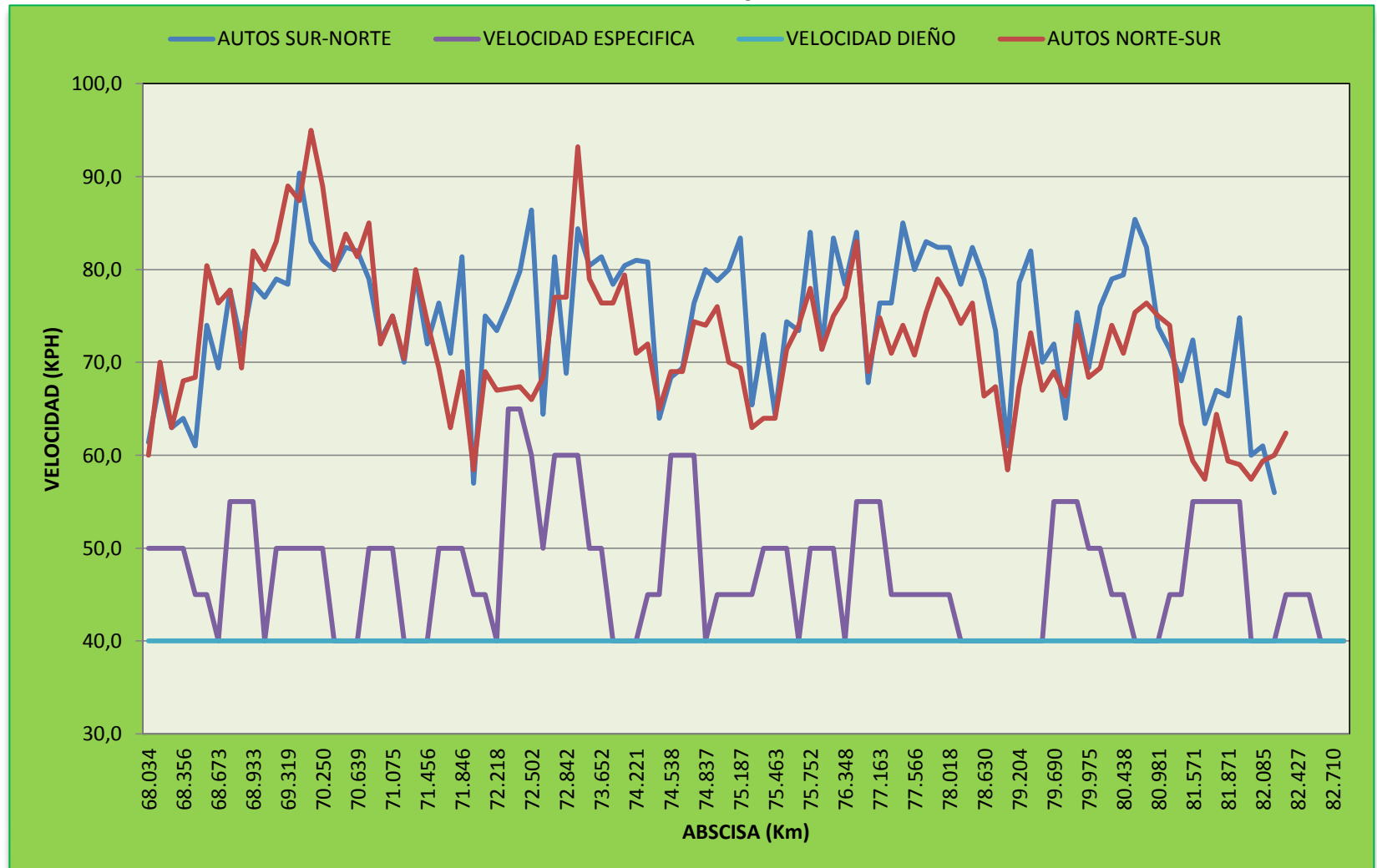
**Gráfica N° 7.1. Velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes, Velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido Sur-Norte.**



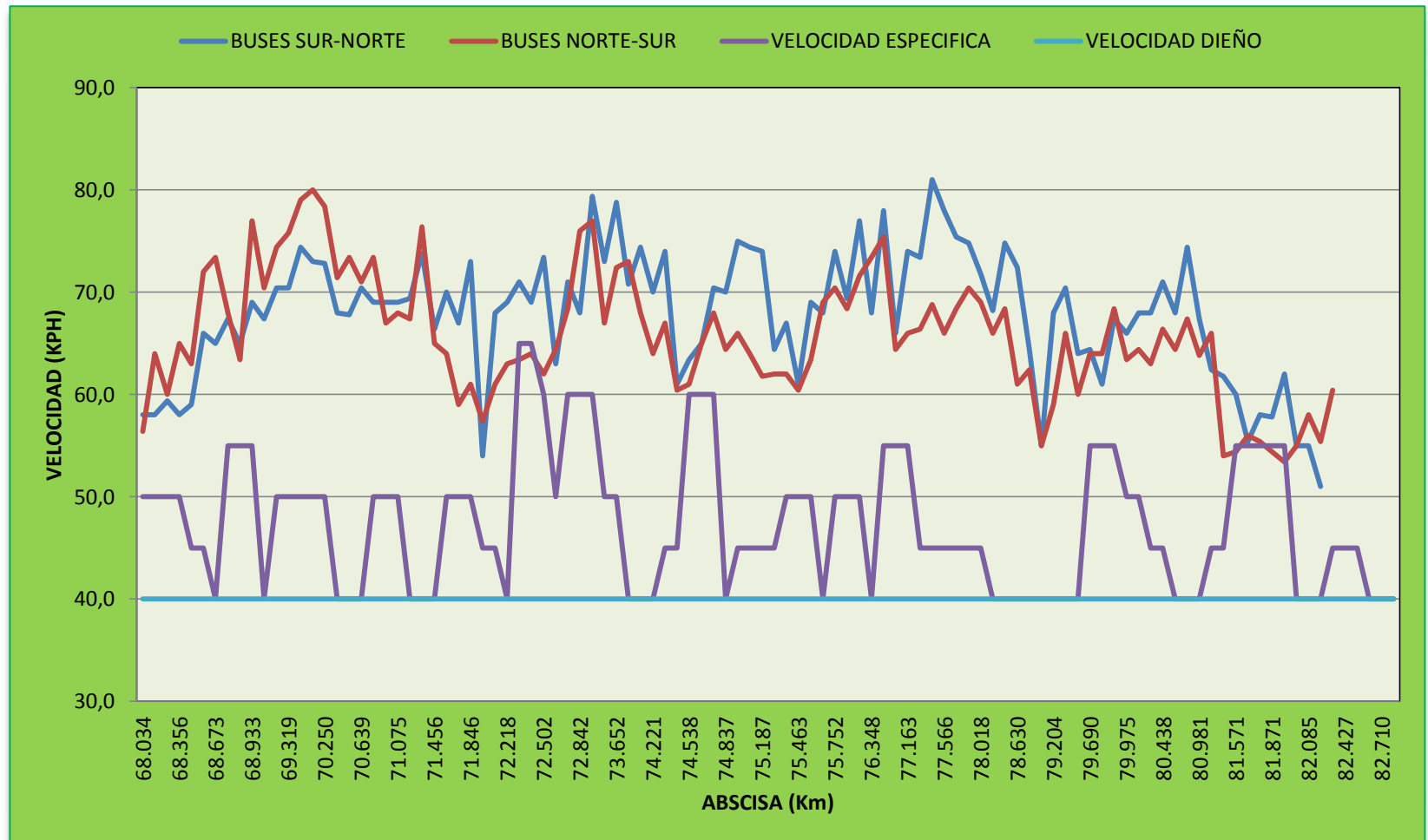
**Gráfica N° 7.2. Velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes, Velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido Norte-Sur.**



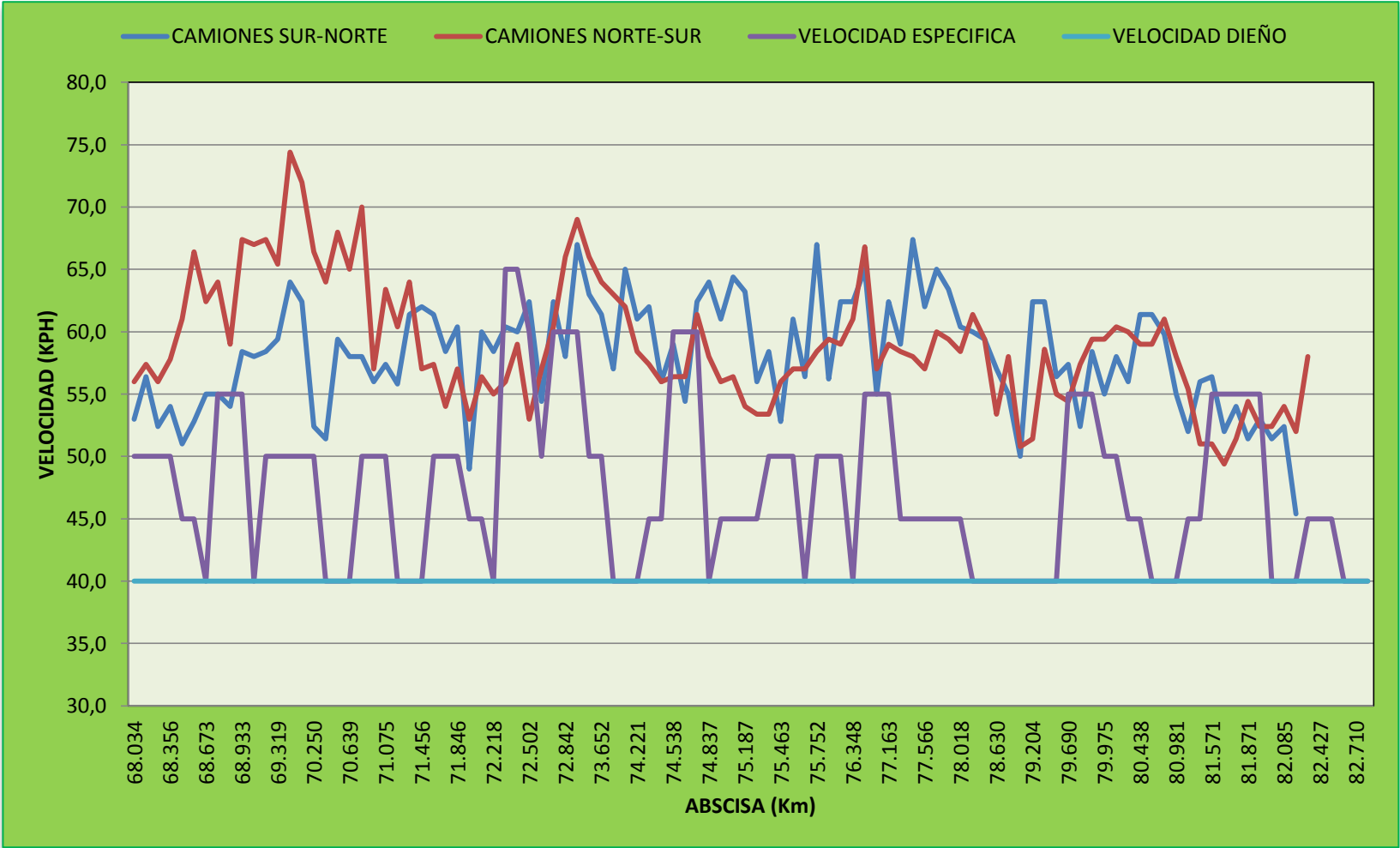
**Grafica N° 7.3. Velocidad de operación de autos, Velocidad específica y velocidad de diseño de Autos.  
Sentidos Sur-Norte y Norte-Sur**



**Gráfica N° 7.4. Velocidad de operación de autos, Velocidad específica y velocidad de diseño de Buses. Sentidos Sur-Norte y Norte-Sur**



**Gráfica N° 7.5. Velocidad de operación de autos, Velocidad específica y velocidad de diseño de Camiones de dos ejes. Sentidos Sur-Norte y Norte-Sur**



### 3.4 DESVIACIONES ESTÁNDAR

Una vez se transcriben los datos a medio digital y se obtiene la velocidad de operación de cada elemento también se calcula la desviación estándar de los datos, para finalmente estimar la desviación estándar promedio por cada tipo de vehículo. Ver anexo B. Velocidad de operación autos, buses y camiones por elemento. Sentidos Norte – Sur, Sur – Norte. Hoja Resumen. Medio digital.

**Tabla N° 7.4. Desviaciones estándar promedio.**

| DESVIACIÓN ESTANDAR PROMEDIO |           |           |
|------------------------------|-----------|-----------|
| VEHICULO                     | SENTIDO   |           |
|                              | NORTE-SUR | SUR-NORTE |
| AUTOS                        | 8,03      | 8,25      |
| BUSES                        | 8,40      | 8,16      |
| CAMIONES                     | 11,03     | 10,80     |

### 3.5 ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO ESTUDIADO, DATOS DEL AÑO 2009 Y 2012

La consistencia de una vía se ve reflejada en parte en la accidentalidad vial que se presenta en la zona, por esta razón y como parte complementaria del trabajo se tuvo en cuenta datos de accidentalidad correspondientes a los años 2009 y 2012.

Los datos de accidentalidad para el año 2009 se obtuvieron del documento de trabajo de grado de especialista en Ingeniería de Carreteras del ingeniero Luis Armando Merino denominado 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 ruta 2501 de la Troncal de Occidente desde el PR 5+000 al PR 83+000 Sector Ipiales – *Pasto*, y los datos correspondientes al año 2012 fueron proporcionados por la Policía Nacional de Colombia (Policía de carreteras).

**Tabla N° 7.5. Accidentes de tránsito año 2009. Tramo vial Km+68 al KM+83.**

| AÑO 2009 |         |                        |         |        |                  |                     |
|----------|---------|------------------------|---------|--------|------------------|---------------------|
| FECHA    | ABSCISA | TIPO DE NOVEDAD        | HERIDOS |        | PERSONAS MUERTAS | CAUSA               |
|          |         |                        | LEVES   | GRAVES |                  |                     |
| 19-may   | k68+100 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 27-jun   | k68+730 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Llanta suelta       |
| 12-jun   | k69+280 | Salida de calzada      | 0       | 1      | 0                | Por establecer      |
| 28-nov   | k69+400 | Accidente motocicleta  | 0       | 1      | 0                | Atropello           |
| 15-jul   | k69+700 | Salida de calzada      | 1       | 0      | 0                | Otra: mancha de     |
| 20-nov   | k69+800 | Caída de piedra        | 1       | 0      | 0                | Caída de piedra     |
| 10-may   | k70+100 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Por establecer      |
| 28-sep   | k70+710 | Colisión de vehículos  | 0       | 2      | 0                | Exceso de velocidad |
| 19-abr   | k70+750 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Otros               |
| 02-ene   | k71+800 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 11-may   | k71+900 | Colisión de vehículos  | 1       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 18-oct   | k72+000 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 1                | Fallas humanas      |
| 27-nov   | k72+200 | Colisión vehículos     | 0       | 3      | 0                | Invasión de carril  |
| 26-abr   | k72+580 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 10-sep   | K72+800 | Colisión de vehículos  | 2       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 15-feb   | k72+830 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Por establecer      |
| 29-sep   | k72+900 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 10-mar   | k73+000 | Colisión de vehículos  | 1       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 15-oct   | k73+500 | Incendio de vehículo   | 0       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 06-jun   | k73+750 | Colisión de vehículos  | 1       | 2      | 0                | Fallas humanas      |
| 01-feb   | k73+900 | Atropello              | 0       | 0      | 1                | Por establecer      |
| 26-ene   | k74+000 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Por establecer      |
| 30-mar   | k74+100 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 11-sep   | k74+500 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 27-nov   | k74+600 | Colisión vehículos     | 1       | 5      | 0                | Fallas humanas      |
| 19-dic   | k74+800 | Colisión de vehículos  | 1       | 1      | 0                | Exceso de velocidad |
| 11-jul   | k75+000 | Volcamiento            | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 11-feb   | k75+300 | Accidente Motocicleta  | 0       | 1      | 0                | Por establecer      |
| 13-jun   | k75+350 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 03-jul   | K75+350 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 19-jul   | k75+550 | Salida de calzada      | 1       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 27-may   | k75+730 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 17-may   | k75+900 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 08-ago   | K75+900 | Colisión de vehículos  | 4       | 1      | 0                | Exceso de velocidad |
| 13-dic   | k75+900 | Accidente motocicleta  | 0       | 1      | 0                | Imprudencia motos,  |
| 17-oct   | k76+100 | Colisión de vehículos  | 1       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 11-oct   | k76+400 | Colisión de vehículos  | 0       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 22-ene   | k76+500 | Colisión de vehículos  | 0       | 1      | 0                | Por establecer      |
| 17-nov   | k76+700 | Accidente motocicleta  | 0       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 06-ene   | k77+100 | Accidente motociclista | 1       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 23-oct   | k77+100 | Accidente motocicleta  | 0       | 1      | 0                | Exceso de velocidad |
| 21-jun   | k77+000 | Salida de calzada      | 0       | 2      | 0                | Fallas humanas      |
| 12-ene   | k77+800 | Atropello Motociclista | 1       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 12-ago   | k77+900 | Accidente motociclista | 3       | 0      | 0                | Fallas humanas      |

**Tabla N° 7.5 (Continuación)**

| AÑO 2009 |         |                        |         |        |                  |                     |
|----------|---------|------------------------|---------|--------|------------------|---------------------|
| FECHA    | ABSCISA | TIPO DE NOVEDAD        | HERIDOS |        | PERSONAS MUERTAS | CAUSA               |
|          |         |                        | LEVES   | GRAVES |                  |                     |
| 15-mar   | k78+100 | Colisión de vehículos  | 1       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 28-mar   | k78+100 | Colisión de vehículos  | 0       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 28-dic   | k78+500 | Accidente motocicleta  | 0       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 11-oct   | k78+700 | Accidente motocicleta  | 0       | 1      | 0                | Exceso de velocidad |
| 07-ene   | k78+800 | Colisión de vehículos  | 1       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 16-dic   | k78+800 | Colisión de vehículos  | 0       | 1      | 0                | Invasión de carril  |
| 12-feb   | k78+950 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 1                | Por establecer      |
| 25-oct   | k79+000 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 01-nov   | K79+000 | Colisión vehículos     | 3       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 02-jun   | K79+050 | Volcamiento            | 0       | 0      | 0                | Por establecer      |
| 28-nov   | k79+200 | Colisión vehículos     | 0       | 0      | 0                | Escaso de velocidad |
| 25-sep   | k79+500 | Salida de calzada      | 0       | 0      | 0                | Mancha de aceite    |
| 19-dic   | k79+600 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 21-dic   | k79+680 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 18-abr   | K79+800 | Colisión de vehículos  | 0       | 1      | 0                | Por establecer      |
| 08-oct   | K79+800 | Colisión de vehículos  | 0       | 1      | 0                | Exceso de velocidad |
| 16-mar   | k80+300 | Colisión de vehículos  | 2       | 5      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 06-jun   | k80+400 | Atropello              | 2       | 1      | 0                | Por establecer      |
| 05-mar   | K80+900 | Colisión               | 1       | 0      | 0                | Por establecer      |
| 01-dic   | K80+990 | Colisión de vehículos  | 0       | 1      | 0                | Fallas humanas      |
| 30-oct   | k81+250 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas mecánicas    |
| 13-jun   | k81+500 | Volcamiento            | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 11-oct   | k81+900 | Salida de calzada      | 1       | 3      | 0                | Exceso de velocidad |
| 22-may   | k82+100 | Colisión de vehículos  | 0       | 0      | 0                | Fallas humanas      |
| 20-ene   | k82+300 | Accidente motociclista | 2       | 0      | 0                | Por establecer      |

**Tabla N° 7.6. Accidentes de tránsito año 2012. Tramo vial PR+68 al PR+83<sup>33</sup>.**

| AÑO 2012 |         |         |        |                                                                       |
|----------|---------|---------|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| FECHA    | ABSCISA | HERIDOS | MUETOS | CAUSA                                                                 |
| 24-dic   | k68+200 | 1       | 5      | Invasión de carril                                                    |
| 08-oct   | k71+200 | 0       | 1      | Atropello vehículo en fuga del lugar de los hechos.                   |
| 05-may   | k72+150 | 7       | 0      | Falta de mantenimiento mecánico.                                      |
| 06-may   | k74+930 | 2       | 0      | Falta de precaución por niebla, falta de señales por vehículo varado. |
| 13-dic   | k75+600 | 0       | 1      | Superficie húmeda y cruzar sin observar                               |
| 15-feb   | k76+000 | 2       | 0      | Exceso de velocidad                                                   |
| 20-feb   | k76+700 | 1       | 1      | No mantener la distancia de seguridad.                                |
| 05-ago   | k77+050 | 1       | 0      | Invasión de carril al quedarse dormido o perder el control.           |
| 14-mar   | k77+600 | 1       | 0      | Cambio de carril sin indicación e inadecuado                          |

<sup>33</sup> Policía Nacional de Colombia.

**Tabla N° 7.6 (Continuación)**

| AÑO 2012 |         |         |        |                                                          |
|----------|---------|---------|--------|----------------------------------------------------------|
| FECHA    | ABSCISA | HERIDOS | MUETOS | CAUSA                                                    |
| 18-oct   | k77+800 | 1       | 0      | Vehículo mal estacionado                                 |
| 15-abr   | k78+200 | 1       | 0      | Conducir en estado de embriaguez y exceso de velocidad   |
| 08-nov   | k79+000 | 3       | 0      | No mantener la distancia de seguridad.                   |
| 19-jun   | k79+300 | 2       | 0      | Visual disminuido por panal de abejas hallado en la vía. |
| 16-sep   | k79+360 | 3       | 0      | Transitar por el carril contrario                        |

## **4. ANÁLISIS DE DATOS**

### **4.1 VELOCIDADES DE OPERACIÓN VS VELOCIDADES ESPECÍFICAS**

Para el análisis de las velocidades de operación con respecto a las velocidades específicas de cada elemento se tuvo en cuenta el primer criterio de Lamm. El cual como se había nombrado anteriormente evalúa la consistencia como buena, regular y mala dependiendo de la diferencia entre velocidad de operación y la velocidad de diseño específica de cada elemento.

La evaluación de consistencia con el primer criterio de Lamm se efectuó de la siguiente manera: Si la diferencia entre la velocidad específica del elemento y la velocidad de operación 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 regular, y si la diferencia supera los 20Km/h la evaluación de su consistencia es mala. Ver anexo C. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm. Tablas N°2 A y N°2 B. Medio digital.

Por ejemplo, tomando el primer elemento en el sentido Sur-Norte, se tiene los siguientes datos:

Velocidad específica: 50km/h

Velocidad de operación de autos: 61.4km/h

Velocidad de operación de buses: 58Km/h

Velocidad de operación de camiones de dos ejes: 53km/h

Velocidad de operación de autos - Velocidad específica: 11.4km/h

Velocidad de operación de buses - Velocidad específica: 8km/h

Velocidad de operación de camiones - Velocidad específica: 3km/h

Lo que arroja una evaluación del elemento de consistencia regular para el flujo de automóviles y de buena consistencia para el caso de buses y camiones de dos ejes en el sentido Sur-Norte.

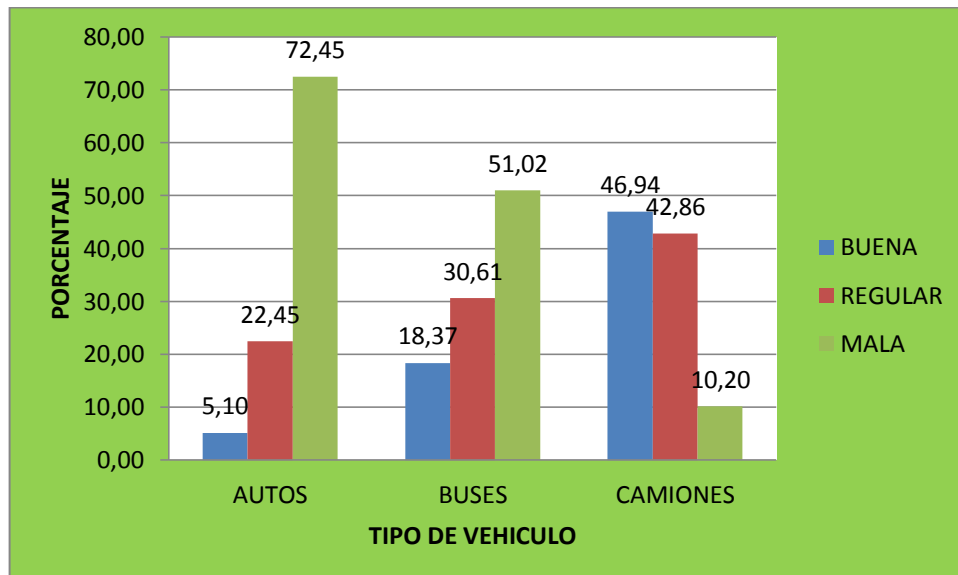
El mismo procedimiento se llevó a cabo para los demás elementos y en los dos sentidos de flujo; al finalizar se elaboraron tablas y graficas de resumen en las que se muestra la cantidad y el porcentaje de elementos que tuvieron una evaluación de consistencia buena, regular o mala según el primer criterio de Lamm por tipo de vehículo y en los dos sentidos de flujo vehicular. . Ver anexo C. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm. Tablas N°3A y N°3B. Medio digital.

#### 4.1.1 Sentido Sur-Norte:

**Tabla N° 8.1. Evaluación de elementos según el criterio I de Lamm. Sentido Sur-Norte**

| VEHICULO | CONSISTENCIA |         |      | TOTAL DE ELEMENTOS EVALUADOS |
|----------|--------------|---------|------|------------------------------|
|          | BUENA        | REGULAR | MALA |                              |
| AUTOS    | 5            | 22      | 71   | 98                           |
| BUSES    | 18           | 30      | 50   | 98                           |
| CAMIONES | 46           | 42      | 10   | 98                           |

**Grafica N° 8.1. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con el primer criterio de Lamm. Sentido Sur-Norte**



Las estadísticas muestran que para automóviles más del 72% de los elementos tienen una mala consistencia, pero además el 22% de los elementos tiene una consistencia regular y solo un 5% de los elementos es evaluado con buena consistencia, esto se presenta con vehículos pequeños porque desarrollan una mayor velocidad, superando en gran medida la velocidad específica con que fue diseñado cada elemento y por tanto la velocidad de diseño del tramo.

En los buses existe una disminución de los elementos evaluados con mala consistencia lo que equivale aproximadamente a un 51% del total de elementos, esto se debe a que los buses por ser vehículos más pesados desarrollan menores velocidades que los automóviles lo que hace que la diferencia entre la velocidad de diseño de cada elemento y la velocidad de operación sea más pequeña, sin

embargo los elementos evaluados con buena consistencia es del 18% lo que no llega a ser una cuarta parte del total de elementos evaluados.

Los camiones de dos ejes al ser vehículos de carga alcanzan velocidades muchos menores que los automóviles y los buses, debido al peso que la mayoría de ellos transportan. El desarrollo de bajas velocidades hace que la diferencia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño de los elementos sea mucho menor, esto se ve reflejado en el porcentaje de elementos evaluados con buena consistencia que aumenta considerablemente llegando a ser 47% de todos los elementos estudiados, lo que da un contraste muy diferenciado con la evaluación hecha especialmente a los automóviles.

En la Gráfica N° 7.1, se observa claramente la tendencia de las velocidades de operación de autos, buses y camiones y es fácilmente apreciable que en todo el recorrido las velocidades de operación de los automóviles son superiores a las de los buses y que estas a su vez son superiores a las de los camiones, al contrastar esta gráfica con la evaluación de la consistencia con el criterio I de Lamm, se pueden observar dos situaciones importantes, la más crítica se examina en el comportamiento de las velocidades de operación de los automóviles con valores altos y evaluación para la mayor parte de los elementos con consistencia mala y la segunda situación se observa en el comportamiento de las velocidades de operación de los camiones las cuales están muy cercanas a las velocidades específicas y que según el Criterio I de Lamm solo es de un 10% del total de elementos evaluados con mala consistencia.

De los elementos evaluados con consistencia mala según el criterio I de Lamm bajo el comportamiento de la velocidad de operación de los automóviles existen algunos puntos, donde la velocidad de operación supera los 80km/h que es la velocidad reglamentaria en las vías principales de Colombia<sup>34</sup>; estos puntos se muestran en la Tabla N° 8.2.

---

<sup>34</sup>Ley 1239 (el 27 de julio de 2008).

**Tabla N° 8.2. Elementos en los que se supera una velocidad de 80Km/h.  
Sentido Sur-Norte**

| ELEMENTOS EN LOS QUE SE SUPERA LA VELOCIDAD REGRAMENTARIA |          |          |          |       |          |           |                 |                |
|-----------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-------|----------|-----------|-----------------|----------------|
| SENTIDO SUR - NORTE (IPIALES-PASTO)                       |          |          |          |       |          |           |                 |                |
| ELEMENTO                                                  | ABSCISAS |          | TIPO     | RADIO | LONGITUD | PENDIENTE | VEL. ESPECÍFICA | VEL. OPERACIÓN |
|                                                           | INICIAL  | FINAL    |          | (m)   | (m)      | (%)       | (Km/h)          | (Km/h)         |
| 14                                                        | K 69+405 | K 70+016 | TANGENTE | 0     | 611      | 6         | 50              | 90             |
| 15                                                        | K 70+016 | K 70+171 | CURVA    | 718   | 156      | 6         | 50              | 83             |
| 16                                                        | K 70+171 | K 70+330 | TANGENTE | 0     | 158      | 6         | 50              | 81             |
| 18                                                        | K 70+442 | K 70+571 | TANGENTE | 0     | 129      | 6         | 40              | 82             |
| 19                                                        | K 70+571 | K 70+707 | CURVA    | 211   | 136      | 6         | 40              | 82             |
| 28                                                        | K 71+737 | K 71+956 | TANGENTE | 0     | 219      | -7        | 50              | 81             |
| 34                                                        | K 72+435 | K 72+569 | TANGENTE | 0     | 134      | -7        | 60              | 86             |
| 36                                                        | K 72+681 | K 72+801 | TANGENTE | 0     | 120      | -7        | 60              | 81             |
| 38                                                        | K 72+882 | K 73+325 | TANGENTE | 0     | 443      | -3        | 60              | 84             |
| 40                                                        | K 73+452 | K 73+852 | TANGENTE | 0     | 400      | -5        | 50              | 81             |
| 52                                                        | K 75+119 | K 75+256 | TANGENTE | 0     | 136      | -6        | 45              | 83             |
| 58                                                        | K 75+651 | K 75+852 | TANGENTE | 0     | 202      | -6        | 50              | 84             |
| 60                                                        | K 75+972 | K 76+275 | TANGENTE | 0     | 303      | -7        | 50              | 83             |
| 66                                                        | K 77+321 | K 77+460 | TANGENTE | 0     | 139      | -7        | 45              | 85             |
| 68                                                        | K 77+673 | K 77+745 | TANGENTE | 0     | 72       | -7        | 45              | 83             |
| 69                                                        | K 77+745 | K 77+836 | CURVA    | 229   | 91       | -7        | 45              | 82             |
| 70                                                        | K 77+836 | K 78+200 | TANGENTE | 0     | 364      | -7        | 45              | 82             |
| 72                                                        | K 78+288 | K 78+600 | TANGENTE | 0     | 312      | -5        | 40              | 82             |
| 86                                                        | K 80+591 | K 80+680 | CURVA    | 642   | 89       | -6        | 40              | 85             |
| 87                                                        | K 80+680 | K 80+914 | TANGENTE | 0     | 234      | -6        | 40              | 82             |

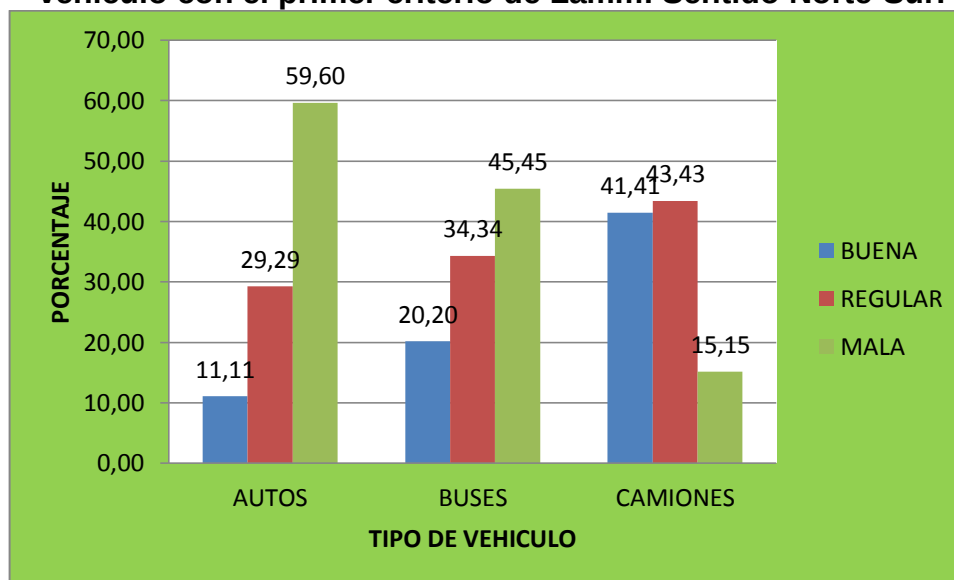
En la tabla anterior se muestran un total de 20 elementos en los que la velocidad de operación es superior a los 80Km/h, de los cuales 16 son tangentes (rectas) lo que equivale al 80% de los mismos siendo el elemento N° 14 el que tiene una velocidad de operación mayor y es el elemento con mayor longitud en todo el tramo estudiado con 611 metros. Los otros 4 elementos son curvas de las cuales 2 tienen de los radios más grandes de todo el tramo y las 4 curvas se encuentran junto a una tangente cuya velocidad de operación supera los 80Km/h; por otra parte 15 de los 20 elementos tienen una pendiente negativa lo que quiere decir que para esta dirección de flujo los autos van en sentido de descenso.

#### 4.1.2 Sentido Norte-Sur:

**Tabla N° 8.3. Evaluación de elementos según el criterio I de Lamm. Sentido Norte-Sur.**

| VEHICULO | CONSISTENCIA |         |      | TOTAL DE ELEMENTOS EVALUADOS |
|----------|--------------|---------|------|------------------------------|
|          | BUENA        | REGULAR | MALA |                              |
| AUTOS    | 11           | 29      | 59   | 99                           |
| BUSES    | 20           | 34      | 45   | 99                           |
| CAMIONES | 41           | 43      | 15   | 99                           |

**Grafica N° 8.2. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con el primer criterio de Lamm. Sentido Norte-Sur.**



En el sentido Norte - Sur se guarda la misma tendencia que en el sentido Sur-Norte analizado anteriormente, sin embargo, se observa que la tendencia no es tan marcada como en el sentido Sur - Norte; por ejemplo en automóviles ahora existe un 60% del total de elementos estudiados evaluados con mala consistencia, que en el sentido Sur-Norte fue de más del 70%, esto probablemente se debe a que desde la salida sur de la Ciudad de Pasto hasta el sector de la Caba Negra existen pendientes negativas lo que significa que para este sentido de flujo los autos van en ascenso y por tanto se presentan velocidades más bajas.

En la Grafica N° 7.2, se observa que al igual que en el sentido Sur-Norte las mayores velocidades las desarrollan los automóviles, a las cuales le siguen las velocidades de los buses y que las velocidades más bajas son las desarrolladas

por los camiones de dos ejes, y que por tanto hay mayor cantidad de elementos evaluados con buena consistencia para los camiones y que para automóviles existe mayor cantidad de elementos evaluados con mala consistencia.

También para este sentido de flujo hay elementos evaluados con consistencia mala según el criterio I de Lamm bajo el comportamiento de la velocidad de operación de los automóviles donde la velocidad de operación supera los 80km/h, estos elementos se muestran en la Tabla N° 8.4.

**Tabla N° 8.4. Elementos en los que se supera una velocidad de 80km/h.  
Sentido Norte-Sur.**

| ELEMENTOS EN LOS QUE SE SUPERA LA VELOCIDAD REGRAMENTARIA |          |          |          |        |          |           |              |             |
|-----------------------------------------------------------|----------|----------|----------|--------|----------|-----------|--------------|-------------|
| SENTIDO NORTE-SUR (PASTO-IPIALES)                         |          |          |          |        |          |           |              |             |
| ELEMENTO                                                  | ABSCISAS |          | TIPO     | RADIO  | LONGITUD | PENDIENTE | V ESPECÍFICA | V OPERACIÓN |
|                                                           | INICIAL  | FINAL    |          | (m)    | (m)      | (%)       | (Km/h)       | (Km/h)      |
| 62                                                        | K 77+019 | K 76+421 | TANGENTE | 0      | 597,56   | -4,1      | 55,0         | 83,0        |
| 38                                                        | K 73+325 | K 72+882 | TANGENTE | 0      | 442,65   | -2,6      | 60,0         | 93,2        |
| 20                                                        | K 70+953 | K 70+707 | TANGENTE | 0      | 245,45   | 5,9       | 50,0         | 85,0        |
| 19                                                        | K 70+707 | K 70+571 | CURVA    | 210,54 | 135,95   | 5,9       | 40,0         | 81,4        |
| 18                                                        | K 70+571 | K 70+442 | TANGENTE | 0      | 129,44   | 5,9       | 40,0         | 83,8        |
| 16                                                        | K 70+330 | K 70+171 | TANGENTE | 0      | 158,23   | 5,9       | 50,0         | 89,0        |

| ELEMENTOS EN LOS QUE SE SUPERA LA VELOCIDAD REGRAMENTARIA |          |          |          |        |          |           |              |             |
|-----------------------------------------------------------|----------|----------|----------|--------|----------|-----------|--------------|-------------|
| SENTIDO NORTE-SUR (PASTO-IPIALES)                         |          |          |          |        |          |           |              |             |
| N° ELEMENTO                                               | ABSCISAS |          | TIPO     | RADIO  | LONGITUD | PENDIENTE | V ESPECÍFICA | V OPERACIÓN |
|                                                           | INICIAL  | FINAL    |          | (m)    | (m)      | (%)       | (Km/h)       | (Km/h)      |
| 15                                                        | K 70+171 | K 70+016 | CURVA    | 717,78 | 155,74   | 5,9       | 50,0         | 95,0        |
| 14                                                        | K 70+016 | K 69+405 | TANGENTE | 0      | 611,02   | 5,9       | 50,0         | 87,4        |
| 13                                                        | K 69+405 | K 69+233 | CURVA    | 333,67 | 171,29   | 5,9       | 50,0         | 89,0        |
| 12                                                        | K 69+233 | K 69+133 | TANGENTE | 0      | 100,22   | 5,9       | 50,0         | 83,0        |
| 10                                                        | K 68+998 | K 68+868 | TANGENTE | 0      | 130,4    | 5,9       | 55,0         | 82,0        |
| 6                                                         | K 68+638 | K 68+522 | TANGENTE | 0      | 116,46   | 5,9       | 45,0         | 80,4        |

En la tabla N° 8.4, se muestra un total de 12 elementos en los que la velocidad de operación es superior a los 80km/h, de los cuales 9 son tangentes (rectas) lo que equivale al 75% de los mismos. Los 3 elementos restantes son curvas de las cuales el elemento N° 15 tiene la mayor velocidad de operación y está junto a la recta con mayor longitud y que fue evaluada como el elemento más crítico en el sentido Sur-Norte. Al igual que en el sentido Sur-Norte todas las curvas se

encuentran junto a una tangente que también supera los 80km/h en velocidad de operación.

La tabla 8.4, también muestra que 10 de los 12 elementos tienen una pendiente positiva lo que quiere decir que para esta dirección de flujo los autos van en descenso.

Los elementos N° 14, 15, 16, 18, 19 y 38, son comunes en las tablas N° 8.2 y N° 8.4, de ellos del elemento 14 al 19 se encuentran entre los sectores de la Coba Negra y El Tambor, el elemento 38 es una tangente con una longitud de 443 metros con una curva vertical cóncava que se encuentra entre los sectores de Cubijan y Coba Negra.

#### **4.2 VELOCIDADES DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS**

Para hacer la comparación de las velocidades de operación entre elementos consecutivos se aplicó el segundo criterio de Lamm. La comparación se hizo entre la velocidad de operación del elemento presente y su inmediatamente anterior.

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 regular, y si la diferencia supera los 20Km/h la evaluación de su consistencia es mala; 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 C. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm. Tablas N°2A y N°2B. Medio digital.

Por ejemplo, si se evalúa el segundo elemento en el sentido Sur-Norte se tiene los siguientes datos:

Velocidades Elemento 2

Velocidad de operación de autos ( $V_a$ ): 68km/h

Velocidad de operación de buses ( $V_b$ ): 58km/h

Velocidad de operación de camiones de dos ejes ( $V_c$ ): 56.4km/h

Velocidades Elemento 1

Velocidad de operación de autos ( $V_{a(n-1)}$ ): 61.4km/h

Velocidad de operación de buses ( $V_{b(n-1)}$ ): 58km/h

Velocidad de operación de camiones de dos ejes ( $V_{c(n-1)}$ ): 53km/h

$$(Va) - (Va_{(n-1)}) = 6.6\text{km//h}$$

$$(Vb) - (Vb_{(n-1)}) = 0.0\text{km//h}$$

$$(Vc) - (Vc_{(n-1)}) = 3.4\text{km//h}$$

Lo que arroja una evaluación del elemento dos de consistencia buena para los tres tipos de vehículos en estudio en el sentido de evaluación Sur-Norte, en el caso de automóviles y camiones de dos ejes se puede observar que la velocidad de operación se aumentó al pasar del elemento 1 al elemento 2, en tanto que para los buses la velocidad se mantuvo constante.

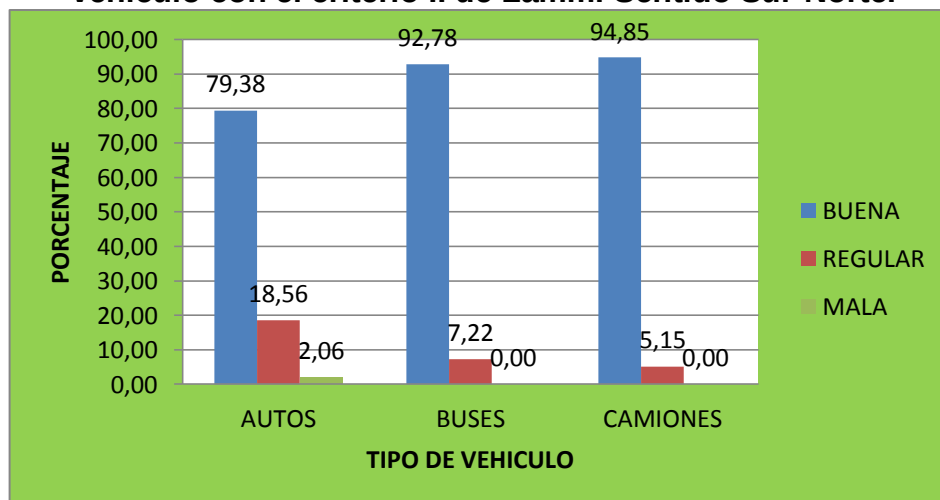
El mismo procedimiento, se llevó a cabo para los demás elementos y en los dos sentidos de flujo. Al finalizar se elaboraron tablas resumen en las que se muestra la cantidad y porcentaje de elementos que tuvieron una evaluación de consistencia buena, regular o mala según el criterio II de Lamm por tipo de vehículo y en los dos sentidos de flujo vehicular. Ver anexo C. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm. Tabla N°3A y N°3B. Medio digital.

#### 4.2.1 Sentido Sur-Norte:

**Tabla N° 8.5. Evaluación de elementos según el criterio II de Lamm. Sentido Sur-Norte.**

| VEHICULO | CONSISTENCIA |         |      | TOTAL DE ELEMENTOS EVALUADOS |
|----------|--------------|---------|------|------------------------------|
|          | BUENA        | REGULAR | MALA |                              |
| AUTOS    | 77           | 18      | 2    | 97                           |
| BUSES    | 90           | 7       | 0    | 97                           |
| CAMIONES | 92           | 5       | 0    | 97                           |

**Grafica N° 8.3. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con el criterio II de Lamm. Sentido Sur-Norte.**



En la tabla N°8.5, y la anterior gráfica se observa que con los tres tipos de vehículos alrededor del 80% de los elementos son evaluados con buena consistencia y que para el caso de buses y camiones de dos ejes no existen elementos que tengan mala consistencia para el criterio II de Lamm, sin embargo, si existen todavía elementos que son evaluados con regular consistencia.

Según la velocidad de operación de los automóviles, el porcentaje de elementos evaluados con regular y mala consistencia es superior a la de buses y camiones, pero considerablemente menor a la evaluación hecha por el criterio I de Lamm.

La tabla N° 8.6, muestra los elementos evaluados con consistencia mala y regular o las diferencias altas y medias de velocidad de operación entre elementos consecutivos.

**Tabla N° 8.6. Elementos que presentan diferencias altas y medias de velocidad de operación entre elementos consecutivos. Sentido Sur-Norte.**

| EVALUACION DE CONSISTENCIA REGULAR O MALA PARA AUTOS SEGÚN CRITERIO II DE LAMM |          |          |          |              |                     |               |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|--------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| SENTIDO SUR-NORTE (IPIALES-PASTO)                                              |          |          |          |              |                     |               |                         |
| N° ELEM<br>ENTO                                                                | ABSCISA  |          | TIPO     | RADIO<br>(m) | LONGI<br>TUD<br>(m) | PENDIENTE (%) | VO(n)-VO(n-1)<br>(Km/h) |
|                                                                                | INICIAL  | FINAL    |          |              |                     |               |                         |
| 6                                                                              | K 68+522 | K 68+638 | TANGENTE | 0            | 116                 | 6             | 13                      |
| 14                                                                             | K 69+405 | K 70+016 | TANGENTE | 0            | 611                 | 6             | 12                      |
| 28                                                                             | K 71+737 | K 71+956 | TANGENTE | 0            | 219                 | -7            | 10                      |
| 29                                                                             | K 71+956 | K 72+064 | CURVA    | 64           | 108                 | -7            | -24                     |
| 30                                                                             | K 72+064 | K 72+171 | TANGENTE | 0            | 107                 | -7            | 18                      |
| 35                                                                             | K 72+569 | K 72+681 | CURVA    | 85           | 112                 | -7            | -22                     |
| 36                                                                             | K 72+681 | K 72+801 | TANGENTE | 0            | 120                 | -7            | 17                      |
| 37                                                                             | K 72+801 | K 72+882 | CURVA    | 108          | 81                  | -7            | -13                     |
| 38                                                                             | K 72+882 | K 73+325 | TANGENTE | 0            | 443                 | -3            | 16                      |
| 45                                                                             | K 74+404 | K 74+511 | CURVA    | 79           | 107                 | -5            | -17                     |
| 53                                                                             | K 75+256 | K 75+345 | CURVA    | 101          | 90                  | -6            | -18                     |
| 58                                                                             | K 75+651 | K 75+852 | TANGENTE | 0            | 202                 | -6            | 11                      |
| 59                                                                             | K 75+852 | K 75+972 | CURVA    | 157          | 120                 | -5            | -13                     |
| 60                                                                             | K 75+972 | K 76+275 | TANGENTE | 0            | 303                 | -7            | 12                      |
| 63                                                                             | K 77+019 | K 77+096 | CURVA    | 97           | 77                  | -4            | -16                     |
| 75                                                                             | K 78+996 | K 79+118 | CURVA    | 88           | 122                 | -8            | -12                     |
| 76                                                                             | K 79+118 | K 79+291 | TANGENTE | 0            | 173                 | -8            | 18                      |
| 78                                                                             | K 79+467 | K 79+644 | CURVA    | 138          | 177                 | -6            | -12                     |
| 81                                                                             | K 79+838 | K 79+929 | TANGENTE | 0            | 90                  | -5            | 11                      |
| 96                                                                             | K 81+993 | K 82+057 | CURVA    | 75           | 64                  | -6            | -15                     |

En la tabla anterior se presentan un total de 20 elementos evaluados con consistencia regular o mala según el criterio II de Lamm de los cuales 10 son curvas y 10 son tangentes (rectas), de estos el elemento N° 29 es el más crítico

con una diferencia de 24km/h, seguido del elemento N° 35 con una diferencia de 22km/h; ambos elementos son curvas y la diferencia se muestra con signo negativo, lo que muestra que al entrar a estos elementos la velocidad de los automóviles tuvo que ser reducida en más de 20km/h.

Se puede observar en la gráfica N° 7.1 que la tendencia de los vehículos es aumentar su velocidad en las rectas y disminuirla en las curvas produciendo una especie de “Zig-Zag” para los tres tipos de vehículos, esta afirmación también se comprueba en las tablas N° 7.2 y N°8.6 donde la diferencia de velocidades de operación entre elementos consecutivos resulta positiva para las tangentes y negativa para las curvas en la mayoría de los casos.

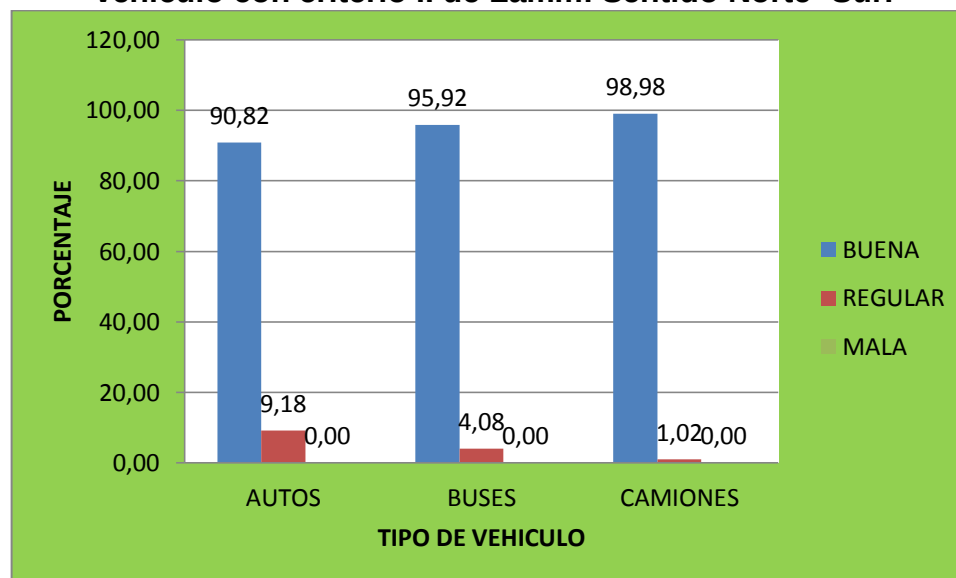
Los puntos más altos de velocidad de operación se dan en las tangentes de mayor longitud y los puntos más bajos están dados por curvas que tienen radios de diseño pequeños y/o ángulos de giro grandes.

#### 4.2.2 Sentido Norte-Sur:

**Tabla N° 8.7. Evaluación de elementos según el criterio II de Lamm. Sentido Norte-Sur.**

| VEHICULO | CONSISTENCIA |         |      | TOTAL |
|----------|--------------|---------|------|-------|
|          | BUENA        | REGULAR | MALA |       |
| AUTOS    | 89           | 9       | 0    | 98    |
| BUSES    | 94           | 4       | 0    | 98    |
| CAMIONES | 97           | 1       | 0    | 98    |

**Grafica N° 8.4. Porcentajes de evaluación de consistencia por tipo de vehículo con criterio II de Lamm. Sentido Norte- Sur.**



Al igual que en el sentido Sur-Norte, la evaluación de la consistencia con el criterio II de Lamm para este sentido, arroja resultados muy diferentes a los obtenidos con el criterio I, la gráfica N° 8.4 muestra que para los tres tipos de vehículos más del 90% de los elementos son evaluados con buena consistencia y también para los tres tipos de vehículos ningún elemento es evaluado con mala consistencia, y el porcentaje más alto con evaluación de consistencia regular es del 9.18% que se presenta en los automóviles, los elementos que se encuentran dentro de este porcentaje se muestran en la Tabla N° 8.8.

**Tabla N° 8.8. Elementos que presentan diferencias medias de velocidad de operación entre elementos consecutivos. Sentido Norte - Sur.**

| EVALUACION DE CONSISTENCIA REGULAR O MALA PARA AUTOS SEGÚN CRITERIO 2 DE LAMM |          |          |          |           |              |               |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|--------------|---------------|----------------------|
| SENTIDO NORTE-SUR (PASTO-IPIALES)                                             |          |          |          |           |              |               |                      |
| N° ELEMENTO                                                                   | ABSCISA  |          | TIPO     | RADIO (m) | LONGITUD (m) | PENDIENTE (%) | VO(n)-VO(n-1) (Km/h) |
|                                                                               | INICIAL  | FINAL    |          |           |              |               |                      |
| 89                                                                            | K 81+459 | K 81+048 | TANGENTE | 0         | 411          | -4            | 11                   |
| 62                                                                            | K 77+019 | K 76+421 | TANGENTE | 0         | 598          | -4            | 14                   |
| 38                                                                            | K 73+325 | K 72+882 | TANGENTE | 0         | 443          | -3            | 14                   |
| 37                                                                            | K 72+882 | K 72+801 | CURVA    | 108       | 81           | -7            | -16                  |

**Tabla N° 8.8 (continuación)**

| EVALUACION DE CONSISTENCIA REGULAR O MALA PARA AUTOS SEGÚN CRITERIO 2 DE LAMM |          |          |          |           |              |               |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|--------------|---------------|----------------------|
| SENTIDO NORTE-SUR (PASTO-IPIALES)                                             |          |          |          |           |              |               |                      |
| N° ELEMENTO                                                                   | ABSCISA  |          | TIPO     | RADIO (m) | LONGITUD (m) | PENDIENTE (%) | VO(n)-VO(n-1) (Km/h) |
|                                                                               | INICIAL  | FINAL    |          |           |              |               |                      |
| 29                                                                            | K 72+064 | K 71+956 | CURVA    | 64        | 108          | -7            | -11                  |
| 28                                                                            | K 71+956 | K 71+737 | TANGENTE | 0         | 219          | -7            | 11                   |
| 20                                                                            | K 70+953 | K 70+707 | TANGENTE | 0         | 245          | 6             | 13                   |
| 9                                                                             | K 68+868 | K 68+787 | CURVA    | 98        | 81           | 6             | -13                  |
| 5                                                                             | K 68+522 | K 68+389 | CURVA    | 94        | 133          | 6             | -12                  |

En la tabla anterior se muestra un total de 9 elementos de los cuales 5 son tangentes y 4 son curvas; el elemento más crítico es el N° 37 con una diferencia de velocidad de 16Km/h y con un sentido negativo lo que indica que al entrar al elemento la velocidad fue reducida.

Al igual que en el sentido Sur-Norte se presentan aumentos de velocidad en las tangentes y disminuciones de velocidad en las curvas lo que en la gráfica N° 7.2 se muestra como “Zig-Zag” sin embargo en este sentido las variaciones de velocidad son un poco menos marcadas que en el anterior sentido.

Las velocidades más altas se alcanzan en las tangentes con mayores longitudes y las velocidades más bajas se muestran generalmente en curvas con radios pequeños de diseño y/o radios de giro grandes.

Existen 4 elementos que se repiten en las tablas N° 8.6 y N° 8.8, lo que quiere decir que en los dos sentidos de flujo son evaluados con consistencias regular o mala según el Criterio II, estos elementos son 28, 29, 37 y 38 de ellos dos son curvas (29 y 37) y dos son tangentes (28 y 38).

#### **4.3 COMPARACIÓN ENTRE ACCIDENTALIDAD, VELOCIDADES DE OPERACIÓN DE AUTOMOVILES Y VELOCIDADES ESPECÍFICAS.**

En la siguiente gráfica, se hace una comparación entre las velocidades de operación de los automóviles en los dos sentidos de flujo mostradas en la gráfica N° 7.3, las velocidades específicas de cada elemento y los accidentes ocurridos en ese tramo de vía en los años 2009 y 2012 dados en las tablas N° 7.5 y N° 7.6.

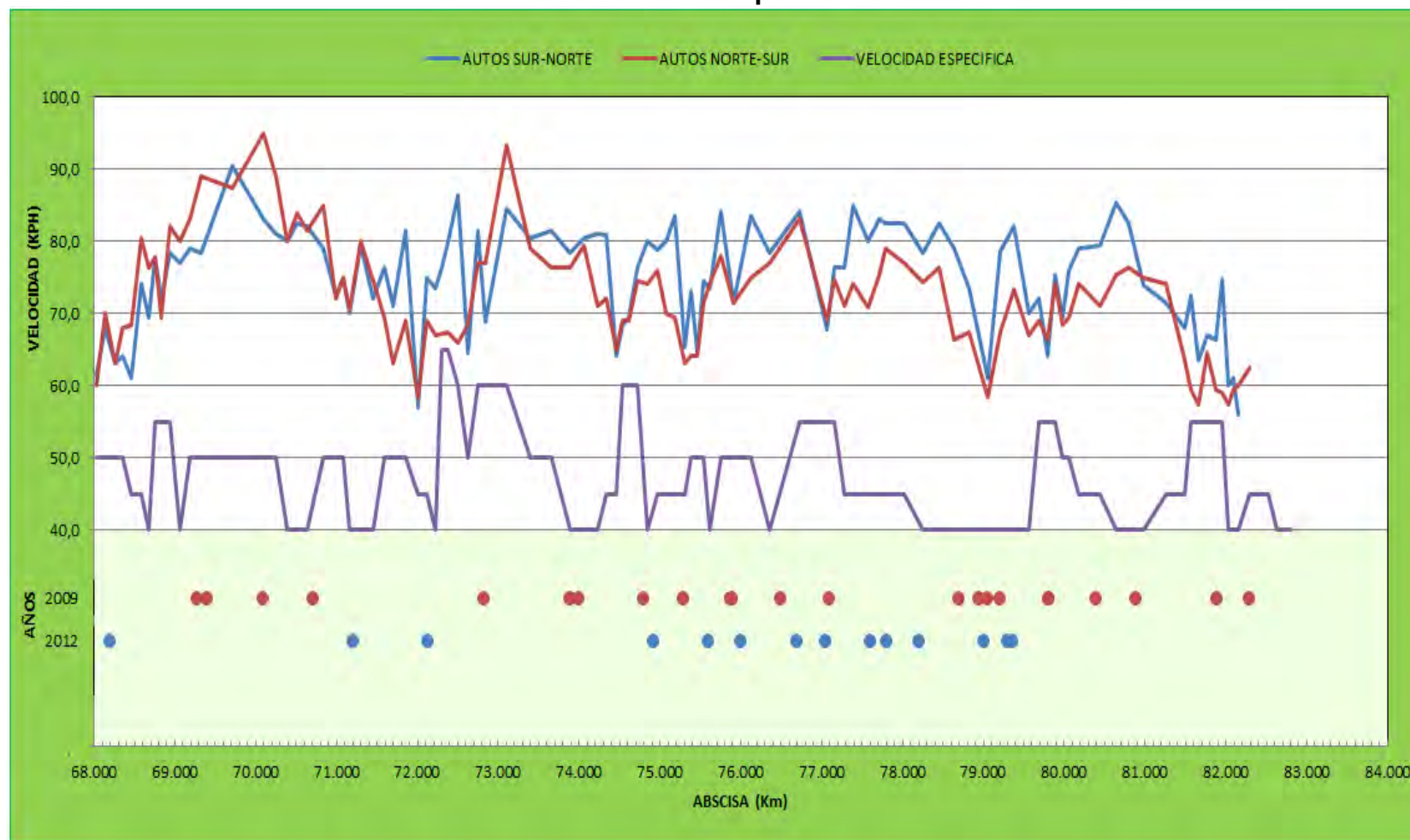
En la parte superior de la gráfica N° 8.5, se encuentran las velocidades de operación de los automóviles, en la parte intermedia se encuentran las velocidades específicas de cada elemento y en la parte inferior se encuentran los

accidentes presentados en los años 2009 (con rojo) y 2012 (con azul) en las diferentes abscisas en todo el tramo de estudio.

Se puede observar que la mayor parte de accidentes ocurren en zonas donde las velocidades de diseño de los elementos (velocidades específicas) son iguales o inferiores a 50 km/h o sea donde existe una mayor diferencia entre las velocidades de diseño y las velocidades de operación.

También se observa que existe un sector en la abscisa K79+100 aproximadamente donde las velocidades de operación se disminuyen bruscamente al pasar de un elemento a otro en los dos sentidos de flujo vehicular y en el mismo punto se han producido diferentes accidentes vehiculares, este punto está compuesto por los elementos N° 74, 75 y 76 (tangente-curva-tangente) localizados en el sector de Catambuco (estadero Lupita). Los tres elementos están evaluados con mala consistencia según el Criterio I de Lamm y los elementos 75 y 76 tienen consistencia regular según el criterio II de Lamm.

**Gráfica N° 8.5. Accidentalidad de los años 2009 y 2012 Vs. Velocidades de operación de automóviles y Velocidades específicas.**



#### 4.4 COMPARACIÓN ENTRE ACCIDENTALIDAD Y ZONAS EVALUADAS CON CONSISTENCIA REGULAR Y MALA SEGÚN EL CRITERIO II DE LAMM.

La comparación entre accidentalidad y consistencia se la elabora con la evaluación hecha por el criterio II de Lamm puesto que es este criterio el que permite comparar los cambios de velocidad entre elementos consecutivos y por tanto el que permite determinar las zonas donde los conductores tienen que cambiar la velocidad de manera brusca lo que da al conductor una sensación inseguridad e incomodidad perceptible.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los sectores que presentan evaluación mala o regular de consistencia según el criterio II de Lamm en cualquiera de los sentidos de flujo en la vía.

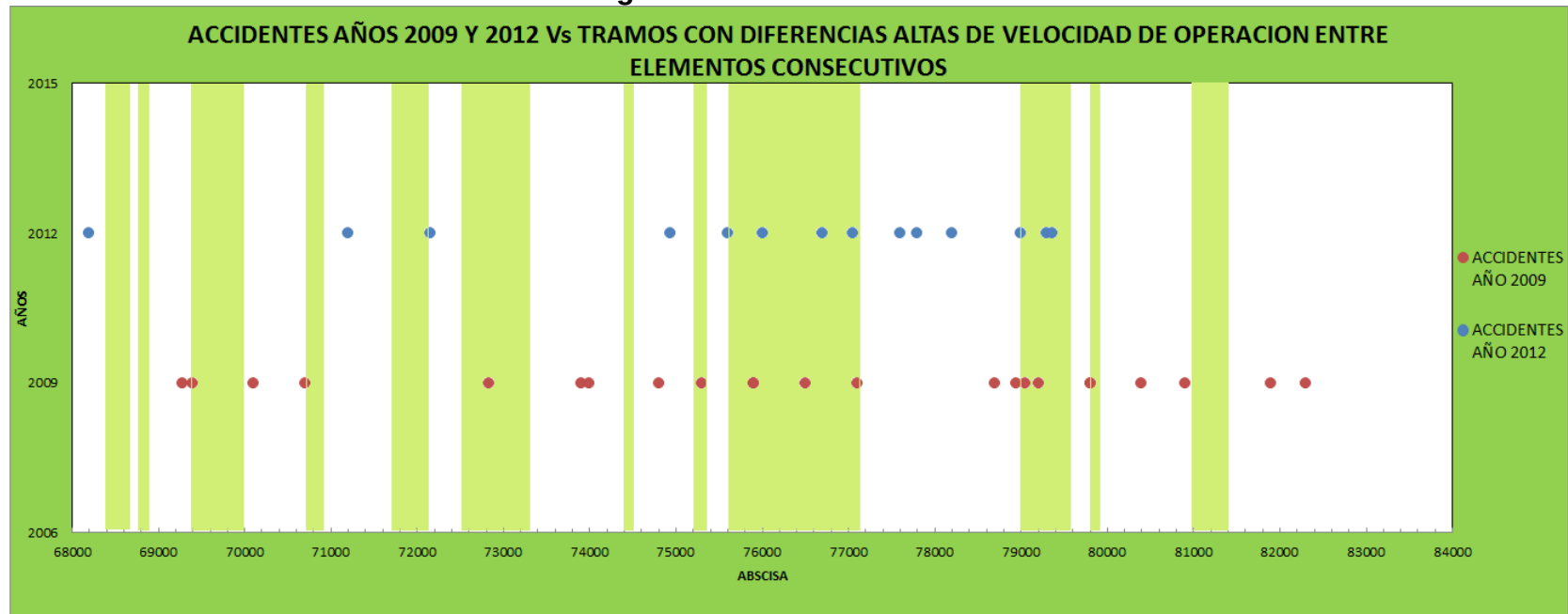
**Tabla N° 8.9. Resumen de sectores con evaluación mala o regular según el criterio II de Lamm**

| TRAMO | ABSCISA  |          | LOCALIZACION                                       |
|-------|----------|----------|----------------------------------------------------|
|       | INICIAL  | FINAL    |                                                    |
| 1     | K 68+389 | K 68+638 | Sector de El Tambor                                |
| 2     | K 68+787 | K 68+868 | Sector de El Tambor                                |
| 3     | K 69+405 | K 70+016 | Sector de El Tambor                                |
| 4     | K 70+707 | K 70+953 | Sector de Coba Negra                               |
| 5     | K 71+737 | K 72+171 | Sector de Coba Negra                               |
| 6     | K 72+569 | K 73+325 | Entre sectores de Coba Negra y Cubijan             |
| 7     | K 74+404 | K 74+511 | Sector de Cubijan                                  |
| 8     | K 75+256 | K 75+345 | Entre el sector de Cubijan y Crematorio Cristo Rey |
| 9     | K 75+651 | K 77+096 | Crematorio Cristo Rey                              |
| 10    | K 78+996 | K 79+644 | Sector de Catambuco                                |
| 11    | K 79+838 | K 79+929 | Sector de Catambuco                                |
| 12    | K 81+048 | K 81+459 | Sector de Chapalito (Motel los Faroles)            |
| 13    | K 81+993 | K 82+057 | Sector de Chapalito (Entrada a parque Chapalito)   |

Estos tramos suman un total de 5 kilómetros más 230 metros lo que corresponde a un 35% del total de kilómetros estudiados.

La gráfica siguiente, muestra la comparación entre los tramos presentados en la tabla N° 8.9 y la accidentalidad de los años 2009 y 2012 presentada en estos sitios. En la gráfica las zonas sombreadas de color verde representan los tramos de la tabla en tanto que cada punto representa un accidente.

**Gráfica N° 8.6. Accidentalidad de los años 2009 y 2012 Vs. Zonas evaluadas con consistencia regular y mala según el Criterio II de Lamm.**



Para la elaboración de esta gráfica únicamente se tuvo en cuenta los accidentes que tenían como causas exceso de velocidad, atropello y los que aún estaban por definir.

En la gráfica se puede observar que las zonas sombreadas de mayor tamaño coinciden con las zonas donde se presentan mayores accidentes, lo que refleja que los cambios bruscos de velocidad en el trayecto dados por la geometría de la vía inciden directamente en la accidentalidad.

#### **4.5 EVALUACION DE SEÑALIZACION SOBRE VELOCIDAD Y VELOCIDAD DE OPERACIÓN**

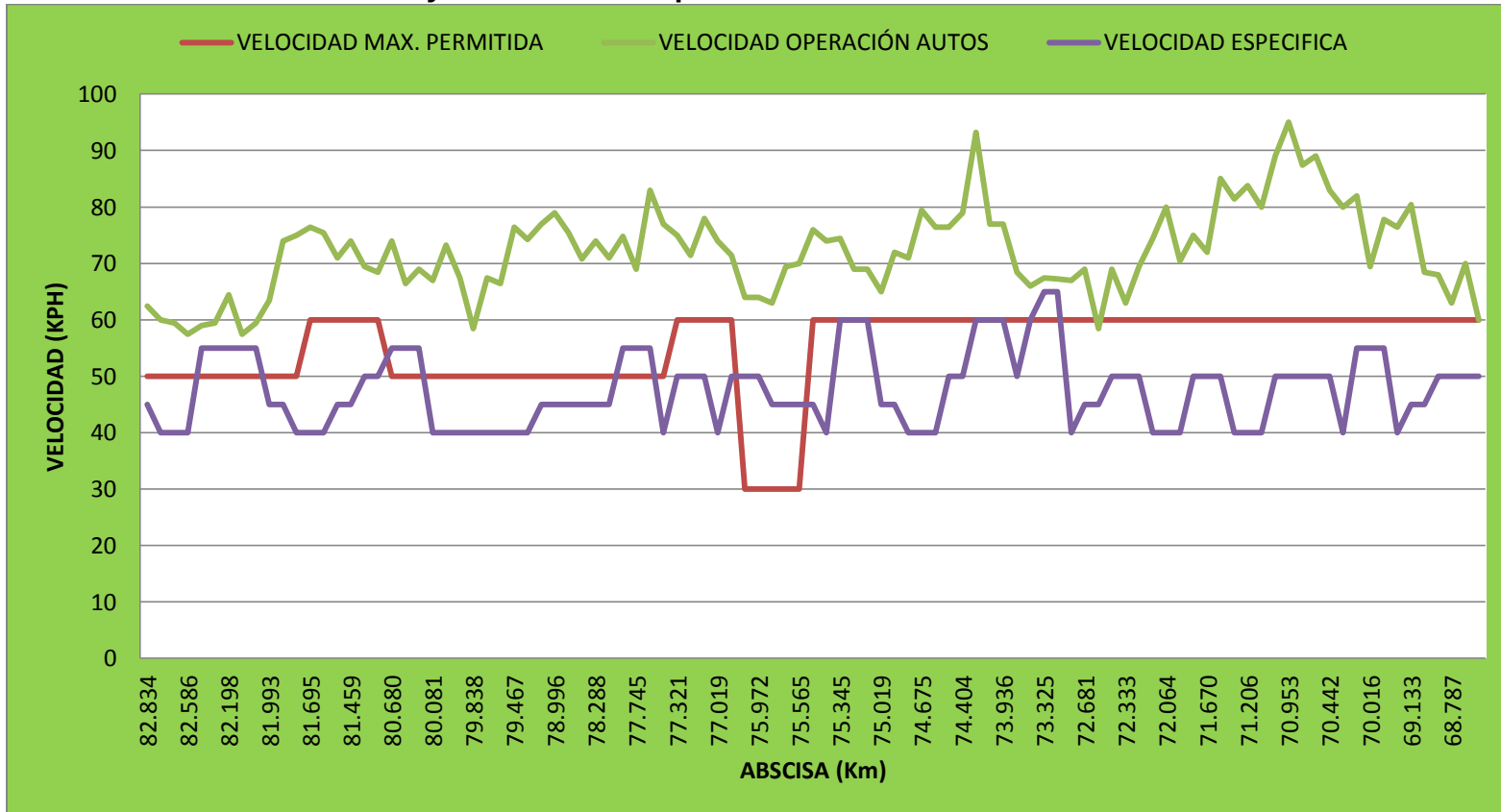
En el desarrollo de la investigación se pudo determinar que ninguno de los dispositivos para regular o disminuir la velocidad como son las líneas reductoras de velocidad, resaltos virtuales, bandas sonoras y señales verticales reglamentarias de velocidad de 20, 30, 40, 50 y 60 km/h en la vía son acatados por completo por los conductores y quizá por ello se incrementa el nivel de riesgo de accidentalidad en los diferentes elementos del tramo de vía estudiado.

Un ejemplo claro se presenta en el tramo compuesto por los elementos 74, 75 y 76 analizado en el numeral 8.3 donde existe letreros de velocidad permitida de 20km/h por ser también ese sector una zona escolar y cuya velocidad de operación para los automóviles es de 74km/h en promedio. Lo mismo se presenta en el elemento número 14 que es la tangente que con 611 metros es el elemento de mayor longitud de todo el tramo estudiado cuya velocidad de operación para automóviles es en promedio 89km/h y que está en una zona escolar que también tiene reductores de velocidad.

**Fotografía N° 8.1.** Ejemplo de evasión de reductores de velocidad.



**Grafica N° 8.7. Comparación entre Velocidad específica, Velocidad Máxima Permitida según señalización existente y Velocidad de Operación de Autos. Sentidos Sur-Norte.**



Como lo muestran la gráfica N° 8.7, la velocidad a la que viajan los automóviles es superior a la máxima permitida según la señalización vertical existente en la vía, también se evidencia que la velocidad máxima permitida es en la mayor parte de los casos superior a la velocidad específica con que fueron diseñados los elementos.

## 5. CONCLUSIONES

La evaluación de la consistencia del tramo de vía comprendido entre los sectores El Tambor, Coba Negra, Catambuco y salida Sur de la Ciudad de Pasto entre los kilómetros 68 a 83 de la Ruta 25 Pasto – Ipiales en el Departamento de Nariño se define en dos enfoques, uno de ellos según el criterio I de Lamm indica que el tramo en general tiene una consistencia mala ya que la velocidad de operación es muy superior a la velocidad de diseño lo que significa que la vía en sí no fue diseñada para los requerimientos de velocidad que tienen los conductores actualmente. El segundo enfoque bajo el criterio II de Lamm indica que el tramo en general tiene una consistencia buena ya que la diferencia entre la velocidad de operación entre los elementos geométricos consecutivos es pequeña lo que significa que en la mayor parte del trazado los conductores no se vean enfrentados a realizar maniobras de riesgo sin embargo existen puntos críticos evaluados con mala consistencia bajo el segundo criterio.

Los puntos críticos observados bajo la evaluación de los criterios I y II de Lamm indican entre algunos aspectos la ausencia de condiciones de seguridad y comodidad reflejada en el desarrollo de altas velocidades de operación, diferencias representativas en las velocidades de operación de un elemento y otro y consecuentemente en la generación de accidentes.

Al verificar aproximadamente las velocidades de diseño de cada uno de los elementos del tramo en estudio se puede observar que muchos de los elementos principalmente las curvas fueron diseñadas para bajas velocidades y criterios que hoy en día no cumplirían en el caso colombiano con las pautas establecidas por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, comenzando porque la velocidad de diseño del tramo estudiado es de 40KPH valor que está 20KPH por debajo de la requerida según la tabla 5.2 del manual mencionado para la categoría de carretera y el tipo de terreno en el que se enmarca el tramo de estudio que debería estar entre los 60KPH a 90KPH. Los peraltes máximos en las curvas son otro de los aspectos que confirman la observación hecha ya que existen peraltes inferiores al 1.5% y superiores al 8% que son los límites establecidos según la tabla 3.4 del manual mencionado.

Las velocidades de operación establecidas para cada elemento del tramo en estudio a partir de las mediciones realizadas en campo, son valores lo más cercano a la realidad ya que existen muchos aspectos por los que pudieron verse afectados los aforos, entre ellos principalmente que los conductores percataran la presencia del aforador; sin embargo aunque los valores de velocidad posiblemente dependiendo del error establecido estén por encima o debajo de la realidad, el comportamiento y la tendencia de los datos permiten establecer la consistencia de

cada uno de los elementos bajo los criterios I y II de Lamm que se han tenido en cuenta para dicha evaluación.

Los resultados indican que la velocidad de operación desarrollada principalmente por automóviles y buses son superiores a la velocidad con que fue diseñada la vía; respecto a los camiones de dos ejes cuyas velocidades son bajas y por lo tanto se acercan a la velocidad de diseño no sería adecuado realizar una evaluación ya que estos varían su velocidad no solo por la percepción que tengan por delante sino también por el tipo y cantidad de carga que transporten que aunque fue un aspecto que se tuvo en cuenta al realizar el muestreo no era de un conocimiento exacto.

Los dispositivos de seguridad vial existentes principalmente los usados para regular o disminuir la velocidad de los vehículos según los resultados del proyecto y las observaciones hechas durante el desarrollo del proyecto en campo muestran que en su mayoría son ignorados o evadidos por los conductores, entre otros aspectos las velocidades permitidas según la señalización no coinciden con las velocidades con que fueron diseñados los elementos y obviamente tampoco con la que podrían desarrollar los conductores.

Al analizar la accidentalidad del tramo y compararlo con el análisis hecho según el criterio II de Lamm, se puede deducir que las zonas donde existe una mayor diferencia de velocidad de operación entre elementos consecutivos coincide con las zonas donde se ha presentado mayor cantidad de accidentes.

Uno de los aspectos que se tuvo en cuenta para obtener la cantidad de muestras para un adecuado análisis de datos de velocidad fue la desviación estándar, el valor de esta variable se tomó de la literatura ya que hasta el momento no existían datos de estudios de velocidad o similares realizados en las vías de la región, como aspecto importante y resultado de esta investigación está un valor más aproximado de la desviación estándar que representa la variabilidad de datos que se pueden presentar en vías del departamento.

El estudio realizado se hizo bajo el comportamiento de las velocidades de operación de automóviles, buses y camiones de dos ejes, esto se debió a que al analizar los estudios de volúmenes de tránsito 2008 según INVIAS y los resultados de un conteo vehicular piloto realizado también como parte de la investigación se observó que la incidencia en esta vía de camiones de más de dos ejes realmente es muy baja y que necesitaría un análisis diferente o más detallado para este tipo de vehículos.

Los parámetros tenidos en cuenta para el diseño de una vía tales como radios de diseño de curvas, ángulos de giro, pendientes, longitudes de los elementos, entre otros inciden directamente sobre la velocidad de operación que posteriormente llevarán los conductores.

En el presente trabajo se muestra la incidencia directa que tienen los parámetros de diseño de la vía en la velocidad de operación por tanto el diseño geométrico coherente de cada elemento es de vital importancia para brindar a los usuarios de la misma seguridad, comodidad y economía.

En el manual de diseño geométrico de carreteras 2008 donde habla de los criterios generales para establecer la consistencia de la velocidad a lo largo del trazado de la carretera menciona: “En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido” con respecto a ello se puede observar en el presente trabajo que en el tramo de vía estudiado existen cambios de velocidad entre elementos consecutivos, esto se muestra de manera más clara en las velocidades de los automóviles donde un 20% del total de elementos analizados presenta esta condición, presentándose mayores cambios en el sentido Sur-Norte.

En 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 2.1. 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”. Según la categoría de la vía estudiada y el tipo de terreno presente, las velocidades de diseño pueden estar entre 60 y 90 Km/h, sin embargo la velocidad de diseño del tramo en estudio es de 40Km/h teniendo únicamente 9 elementos de un total de 104 en estudio una velocidad específica igual o superior a 60Km/hora. Sin embargo las velocidades de operación del tramo oscilan entre los 57 y 95 Km/h para automóviles lo que refleja la expectativa que tienen los conductores sobre la carretera al ser esta una vía primaria; El rango de velocidades de operación es muy próximo al dado por la tabla 2.1 del manual de diseño geométrico.

En la Velocidad Específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil dice: “La velocidad máxima más probable con que sería abordado cada elemento geométrico es justamente su Velocidad Específica y es con la que se debe diseñar ese elemento” más adelante en el mismo literal dice: “Estudios de velocidad en carreteras realizados en países con idiosincrasia similar a la colombiana, han establecido que la gran mayoría de los conductores, dependiendo de la percepción del trazado que tienen adelante, incrementan su velocidad respecto a la velocidad de diseño del tramo, hasta en veinte kilómetros por hora (20 km/h)”.

En el presente trabajo se obtiene como resultados que en el 100% de los elementos estudiados la velocidad específica del elemento es superada por la velocidad de operación de los automóviles y que aproximadamente en un 65% esta velocidad es superada en más de 20Km/hora.

Con respecto a la velocidad de diseño del tramo en un 90% de los elementos esta velocidad es superada en más de 20Km/h por la velocidad de operación y en un 66% de los elemento la velocidad de diseño es superada en más de 30Km/h por la velocidad de operación, de lo anterior se puede concluir que la velocidad específica no es la velocidad más probable con la que sea abordado un elemento y que la afirmación de que velocidad de diseño de un tramo homogéneo es superada hasta en 20Km/h por la velocidad de operación no es válida.

Según el manual de diseño geométrico de carreteras del 2008 “En el medio colombiano la velocidad tope a la que viajan los conductores en un momento dado es función, principalmente, de las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo y en menor medida por las señales de límite de velocidad colocadas en la vía o por una eventual intervención de los agentes de tránsito”. En el presente estudio los datos de velocidades de operación fueron tomados en condiciones de clima favorables (ausencia de lluvia y neblina), a flujo libre, y a vehículos que visualmente estén en buenas condiciones y dependiendo de su tamaño se los dividió en los 3 grupos ya mencionados (autos, buses y camiones de dos ejes), en gran medida el tramo tiene buenas condiciones de pavimento, por lo que el trazado es la única variable que afectaría la velocidad de operación, sin embargo el trazado de este tramo de vía no es el mejor y su velocidad de diseño es de 40Km/h y a pesar de ello las velocidades de operación son altas, por lo que se piensa que el trazado no es el único que influye en estas velocidades, también lo hace y en gran medida los requerimientos y/o expectativas que tiene el conductor al ser esta una vía primaria.

## **6. RECOMENDACIONES**

Reflejar lugares que necesitan un mejoramiento en cuanto a aspectos geométricos como de seguridad vial, se recomienda tener en cuenta a la entidad que corresponde estudios como el presente para mejorar así las condiciones de seguridad y comodidad de la vía.

Mencionar que el flujo y las condiciones de seguridad pueden cambiar a la apertura de la Vía Variante que se encuentra en construcción y que intersecta al tramo de vía estudiado en el sector de Catambuco, es por eso que se recomienda realizar un estudio con el que se pueda analizar de qué manera influye esta situación y si la consistencia de la vía en si mejora o se mantiene.

Realizar este estudio ya que abarca 15 kilómetros de la vía Troncal de occidente o Ruta 25 Pasto - Ipiales la que tiene un total de 83 kilómetros, por tanto es recomendable la realización de estudios similares al presente para así poder tener una idea del comportamiento de las velocidades de operación a lo largo de toda la vía al igual que la identificación de puntos críticos y la valoración de consistencia de la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

CAL Y MAYOR, Rafael; CÁRDENAS, James. Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones. 8 ed. México D.F: Editorial Alfaomega: 2007. 262p.

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ - UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Observatorio de Movilidad: Boletín No 2 - Boletín de accidentalidad vial. Bogotá: 2012. 8p.

ECHAVEGUEREN, Tomas. Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico: Velocidad, Aceleración Y Visibilidad. Argentina / Chile: 2009. 4-26, 7-26p.

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

GARCIA, Rene; DOMINGO, Delgado; DIAS, Eduardo. Modelos de perfil de velocidad para evaluación de consistencia del trazado en carreteras de la provincia de Villa Clara, Cuba. 2012.

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

JIMENEZ, Ramiro. Estudio sobre velocidad puntual Avenida Ambala entre calles 67 y 69 Ibagué Tolima. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. 2007.

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. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Pasto. Universidad de Nariño, 2010.

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

Modifica Manual de señalización de tránsito estableciendo normas sobre modificación de velocidad. Santiago de Chile. 28 de febrero del 2000.

PEREZ, Ana Maria; CAMACHO, Francisco; GARCIA, 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.

POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA.

ROCCI, Sandro; GARCIA, Alfredo. Utilización de equipos GPS de seguimiento pasivo en la obtención de perfiles de velocidad operativa. Revel una metodología para revisión de los límites de velocidad. Madrid España. Universidad politécnica de Cataluña.

SANCHES, José. Metodología para la evaluación de la consistencia del trazado de carreteras interurbana de dos carriles. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. 2011.

SUBSECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y DE ORDENACION DEL TERRITORIO. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito del Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. Tomo XII. 15p.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 2011 EXECUTIVE COMMITTEE OFFICERS. Modeling operating speed. Washington: july 2011. 136p.

UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ. Diseño Geométrico de vías.

CONGRESO DE Colombia. Ley 1239 (el 27 de julio de 2008)

## **NETGRAFIA**

CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTA. OBSERVATORIO DE MOVILIDAD.  
Disponible en internet,  
<http://camara.ccb.org.co/contenido/contenido.aspx?conID=2292&catID=434>

EDGAR JIMENEZ. [doblevia.wordpress.com](http://doblevia.wordpress.com)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Página Web. Glosario.

HYPERPHIPISICS – technical info and calculators for pólice radar. RADAR GUNS APPROVED in the USA and currenclly in production

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES. Modifica manual de señalización de tránsito, estableciendo normas sobre modificación de velocidad, Chile: 1999.

Disponible en internet, <http://legislacion-oficial.vlex.cl/vid/decreto-manual-estableciendo-velocidad-243832690>

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Declaran vía Rumichaca – Pasto - Chachagüi de importancia estratégica, 31 de Octubre de 2005.

SALUD COLOMBIA WEB SITE, Lesiones y muertes por accidentes de tránsito en Colombia. SALUDCOLOMBIA, Enero de 2005.

# **ANEXOS**

ANEXO A. Volúmenes de tránsito INVIAS año 2008 – Nariño.  
**(Digital)**

ANEXO B. Velocidad de operación autos, buses y camiones por elemento.  
Sentidos Norte – Sur, Sur – Norte.  
**(Digital)**

ANEXO C. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm.  
**(Digital)**

ANEXO D. Fichas de resumen.  
**(Digital)**