

**ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL
PERFIL DE VELOCIDADES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADAR PARA LA
EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE
LOS KILÓMETROS 38 AL 53 DE LA RUTA 25 PASTO – IPIALES**

AUTORES:

**MARLON FERNANDO ARTEAGA POTOSI
DIANA MARCELA ORTEGA ORTEGA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
2015**

**ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL
PERFIL DE VELOCIDADES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADAR PARA LA
EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE
LOS KILÓMETROS 38 AL 53 DE LA RUTA 25 PASTO – IPIALES**

AUTORES:

**MARLON FERNANDO ARTEAGA POTOSI
DIANA MARCELA ORTEGA ORTEGA**

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

DIRECTOR:

Ing. Esp. LUIS ARMANDO MERINO CHAMORRO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
2015**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

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

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

Artículo 13ro del Acuerdo No. 005 de Enero 26 de 2010 emanado del Honorable Consejo Académico de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACION

Firma Jurado

Firma Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2015

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia a Dios, por la fortaleza y por las experiencias que hacen parte de nuestra vida.

A nuestros padres, hermanos, hermanas, familiares y amigos con quienes hemos contado incondicionalmente en todo momento.

A la Universidad de Nariño, especialmente al Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, por el conocimiento impartido y por brindarnos el honor de pertenecer y culminar nuestros estudios en esta distinguida institución.

A nuestro director de trabajo, Ing. Esp. Luis Armando Merino Chamorro quien cordialmente quiso acompañarnos en la ejecución de esta investigación y nos brindó la asesoría, el apoyo y el tiempo necesarios para llevarla a cabo.

A todas aquellas personas que de alguna manera con su colaboración contribuyeron en la realización de este trabajo.

A todos, muchas gracias.

RESUMEN

El diseño inapropiado de una carretera es uno de los principales causantes de accidentes de tráfico, por ello la presente investigación pretende aplicar una medida de la calidad del diseño conocida como consistencia vial, la cual se define como la relación existente entre las características geométricas de una vía y las expectativas que tiene el conductor de un determinado vehículo frente a ellas.

Una de las maneras más conocidas y eficaces para determinar esta consistencia se basa en la medida de la velocidad de operación de los vehículos que transitan una vía determinada y su análisis a través de perfiles de velocidad, que permitan conocer su comportamiento a lo largo del tramo.

El presente trabajo muestra la metodología empleada para determinar la consistencia vial de un tramo de 15 kilómetros comprendido entre los kilómetros K38+000 y K53+000 de la Ruta 25. Esta metodología se fundamenta inicialmente en la medición de la velocidad de operación utilizando una pistola radar, la cual basa su funcionamiento en el principio Doppler.

Previo a iniciar la medición de velocidades puntuales, se realizó un conteo vehicular piloto con el objeto de estimar la muestra hacia la cual debería ir enfocado el estudio, como resultado se estima pertinente considerar automóviles, buses y camiones de dos ejes, de esta manera se procede con el aforo de velocidades en cada curva y tangente del tramo para cada sentido de flujo.

Posteriormente, se lleva a cabo el proceso de sistematización y análisis de los datos obtenidos en campo mediante un estudio basado en los criterios I y II de Lamm. El primero de ellos evalúa la diferencia de la velocidad de operación y la velocidad específica de diseño; por su parte, el segundo criterio evalúa la diferencia de velocidad entre dos elementos consecutivos.

Una vez obtenida la evaluación de la consistencia en cada elemento de la vía, se realiza una comparación de los resultados obtenidos con las características geométricas actuales de la vía, además de la accidentalidad y señalización vial de la misma.

Finalmente, los resultados obtenidos de las comparaciones realizadas, arrojan una serie de conclusiones y recomendaciones que pueden de alguna manera contribuir a futuros estudios e incluso ser tomados en cuenta para eventuales mejoras que puedan realizarse a la infraestructura vial del tramo estudiado.

ABSTRACT

The inappropriate design of a road is one of the main causes of traffic accidents, therefore this research aims to apply a measure of the quality of the design known as road consistency, which is defined as the relationship between the geometric characteristics of one-way and the expectations that has the driver of a particular vehicle in front of them.

One of the ways known and more efficient to determine this consistency is based on the measurement of the speed of operation of the vehicles that move a certain way and its analysis through velocity profiles, allowing you to learn about their behavior along the stretch.

This project demonstrates the methodology used to determine consistency road a 15 kilometer stretch between the kilometers K38 + 000 and K53 + 000 of route 25. This methodology is initially based on the measurement of the speed of operation using a radar gun, which bases its operation on the Doppler principle.

Prior to each measurement of specific speeds, held a pilot vehicle count in order to estimate the sample towards which should go to focused study, as result is determined to consider cars, buses and trucks with two axles, thus starts the measurement of the speed in each curve and tangent of the section for each direction of flow.

Subsequently, the process of systematization and analysis of the data obtained in the field through a study based on the criteria I and II of Lamm takes place. The first evaluates the difference in the speed of operation and the speed specifies design; for its part, the second criterion evaluated the difference in speed between two consecutive elements.

Once obtained the assessment of consistency in each element of the path, is a comparison of the results obtained with the current geometric characteristics via, as well as accidents and road marking of the same.

Finally, the results of the comparisons, shed a number of conclusions and recommendations that may somehow contribute to future studies and even be taken into account for any improvements that can be made to the road infrastructure of the studied stretch.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
1. MARCO REFERENCIAL	18
1.1 MARCO GEOGRAFICO.....	18
1.2 MARCO CONCEPTUAL.....	19
1.3 MARCO TEORICO.....	20
1.3.1 Criterios de velocidad según INVIAS 2008	20
1.3.2 Velocidad de diseño del tramo homogéneo (vtr).....	21
1.3.3 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil	21
1.3.4 Estudios de velocidades en el sitio.....	22
1.3.5 Métodos para realizar los estudios de velocidades en el sitio.....	24
1.3.6 Consistencia vial	27
2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL TAMO DE ESTUDIO.....	29
2.2 DETERMINACIÓN VELOCIDAD DE OPERACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO..	29
2.2.1 Método de obtención de velocidad de operación.....	29
2.2.2 Obtención de la muestra	30
2.2.3 Tamaño de la muestra.....	32
2.2.4 Procedimiento de toma de datos en campo.....	33
2.2.4.1 Velocidad de operación en curvas	34
2.2.4.2 Velocidad de operación en rectas tangentes.....	35
2.2.4.3 Determinación de peralte máximo en una curva.....	35
2.2.5 Recopilación de datos de campo	37
3. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	38
3.1 DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD ESPECIFICA DE DISEÑO	38
3.1.1 Velocidad específica de diseño en curvas con peraltes superiores a 8%	38
3.1.2 Velocidad específica de diseño para entretangencias.....	38
3.2 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS	38

3.3	DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD EN PERCENTIL 85	42
3.4	DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	49
3.5	ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO EN ESTUDIO ENTRE LOS AÑOS 2010 Y 2015.....	49
3.6	INVENTARIO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE ESTUDIO.....	51
4.	ANÁLISIS DE DATOS.....	56
4.1	EVALUACIÓN PRIMER CRITERIO DE LAMM	56
4.1.1	Evaluación sentido sur - norte.....	56
4.1.2	Evaluación sentido norte - sur.....	60
4.2	EVALUACIÓN SEGUNDO CRITERIO DE LAMM	62
4.2.2	Evaluación sentido sur - norte.....	62
4.2.2	Evaluación sentido norte - sur.....	65
4.3	EVALUACIÓN DE ACCIDENTALIDAD	67
4.3.2	Comparación entre accidentalidad y velocidades de operación	70
4.3.3	Comparación entre accidentalidad y zonas de regular y mala consistencia	71
4.4	ANÁLISIS DE SEÑALIZACIÓN VIAL	72
5	CONCLUSIONES	75
6	RECOMENDACIONES	78
7	BIBLIOGRAFÍA	79
6.	CIBERGRAFÍA.....	80

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1	Valores de velocidad de diseño para tramos homogéneos en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.....	21
Tabla No. 2	Criterios I y II de Lamm.....	28
Tabla No. 3	Resultados conteo vehicular piloto	31
Tabla No. 4	Desviación estándar media manual de estudios de Ingeniería de Tránsito.	33
Tabla No. 5	Formato de campo	37
Tabla No. 6	Caracterización de elementos del tramo	39
Tabla No. 7	Comparación de velocidades sentido sur - norte (Ipiales - Pasto)	43
Tabla No. 8	Comparación de velocidades sentido norte - sur (Pasto - Ipiales)	46
Tabla No. 9	Desviación estándar promedio (km/h).....	49
Tabla No. 10	Accidentalidad 2010 – 2015 K38+000 al K53+000 Vía Pasto - Ipiales.....	50
Tabla No. 11	Inventario de señalización vial K38+000 al K53+000 vía Pasto - Ipiales	51
Tabla No. 12	Evaluación consistencia vial según primer criterio de Lamm sentido sur - norte	57
Tabla No. 13	Evaluación consistencia vial según primer criterio de Lamm sentido norte - sur.....	61
Tabla No. 14	Evaluación consistencia vial según segundo criterio de Lamm sentido sur - norte	63
Tabla No. 15	Elementos con consistencia regular y mala según el segundo criterio de Lamm sentido sur - norte.....	64
Tabla No. 16	Evaluación consistencia vial según segundo criterio de Lamm sentido norte – sur	65
Tabla No. 17	Elementos con consistencia regular y mala según el segundo criterio de Lamm sentido norte - sur.....	66
Tabla No. 18	Resumen accidentalidad 2010 - 2015.....	68
Tabla No. 19	Comparación velocidad máxima permitida y velocidad de operación V(85)	72

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1.	Localización del tramo de estudio.....	18
Figura No. 2	Pistola radar de velocidad	30
Figura No. 3	Volumen de tránsito promedio diario semanal. INVIAS.....	31
Figura No. 4	Ubicación para aforo en curvas.....	35
Figura No. 5	Ubicación para aforo en tangentes	36
Figura No. 6	Determinación de peralte máximo en curva	36
Figura No. 7	Elementos con velocidades de operación superior a 80 km/h	59
Figura No. 8	Tramo crítico según segundo criterio de Lamm sentido sur - norte	65
Figura No. 9	Elemento 1 dispositivo de pesaje.....	71
Figura No. 10	Accidentalidad y señalización elemento "E29"	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica No. 1	Perfil de velocidades sentido sur - norte.....	56
Gráfica No. 2	Resultados de evaluación primer criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido sur - norte.....	58
Gráfica No. 3	Perfil de velocidades sentido norte - sur	60
Gráfica No. 4	Resultados de evaluación primer criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido norte – sur.....	61
Gráfica No. 5	Resultados de evaluación segundo criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido sur - norte.....	63
Gráfica No. 6	Resultados de evaluación segundo criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido norte - sur.....	66
Gráfica No. 7	Accidentalidad 2010 - 2015	68
Gráfica No. 8	Causas de accidentalidad 2010 - 2015.....	69
Gráfica No. 9	Hipótesis de accidentalidad 2010 - 2015.....	69
Gráfica No. 10	Comparación entre accidentalidad y velocidades de operación.....	70

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Formato de campo. Medio digital

Anexo B. Formato digital. Medio digital

Anexo C. Evaluación de consistencia según criterio I y II de Lamm. Medio digital

Anexo D. Fichas resumen. Medio digital

Anexo E. Inventario de señalización vial. Medio digital

Anexo F. Registro fotográfico. Medio digital

Anexo G. Planos inventario de señalización vial. Medio digital

GLOSARIO

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

Carretera Vía diseñada para el tránsito de vehículos terrestres automotores. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

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

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 tienen los conductores sobre la misma.

Curva horizontal. Trayectoria que une dos tangentes horizontales consecutivas. Puede estar constituida por un empalme básico o por la combinación de dos o más de ellos.

Curva vertical. Curvas utilizadas para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos; permiten la seguridad, comodidad y la mejor apariencia de la vía. Casi siempre se usan arcos parabólicos porque producen un cambio constante de la pendiente.

Diseño en planta. Proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por trayectorias curvas.

Diseño en perfil. Proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.

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.

Peralte. Inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia.

Percentil 85. Corresponde a la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos de una muestra.

Perfil de Velocidad. Diagrama de velocidades en función de la distancia, el cual sirve como herramienta para la evaluación del comportamiento de las velocidades en un tramo de vía a estudiar.

Pistola Radar de Velocidad. Instrumento que funciona bajo el principio Doppler, el cual es utilizado para medir velocidades de operación.

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.

Vehículo de diseño. Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase.

Vehículo. Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas o mercancías de un punto a otro.

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.

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

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

Zona escolar. Zona de la vía situada frente a un establecimiento de enseñanza y que se extiende cincuenta metros al frente y a los lados de los lugares de acceso al establecimiento.

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.

Por consistencia vial puede entenderse la relación existente entre las características geométricas de una carretera y las que el conductor de un vehículo espera encontrar al transitar por ella, por consiguiente, cuando el trazado cumple con las expectativas del usuario, este podrá percibir su homogeneidad de manera tal que no sufrirá variaciones bruscas en el nivel de atención necesario para poder adaptarse a las condiciones geométricas cambiantes de la carretera.

Una de las formas como se puede lograr un diseño consistente es cuando la velocidad de diseño de los tramos y los elementos que lo conforman se escoge de la manera más adecuada, esto quiere decir que cuando un vehículo circule por la vía los conductores tiendan a llevar una velocidad más o menos uniforme de tal manera 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 diseño¹.

En el manual del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)² se hace referencia que en Colombia la mayoría de los conductores dependiendo de la percepción del trazado que tienen por delante incrementan su velocidad de operación respecto a la velocidad de diseño del tramo hasta en 20 km/h.

¹ECHAVEGUEREN, Tomas. Criterios Para El Análisis De Consistencia Del Diseño Geométrico: Velocidad, Aceleración Y Visibilidad. Argentina / Chile – Pág. 4-26.

²INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño geométrico de carreteras 2008. Controles para diseño geométrico. Pág. 39.

En este proyecto se pretende hacer la medición de la velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes en el tramo comprendido entre los kilómetros 38 y 53 de la **Ruta 25** Pasto – Ipiales o Troncal de Occidente; las velocidades medidas serán comparadas con las velocidades de diseño de cada uno de los elementos del tramo que se obtendrán de los planos existentes. Se compararan velocidades de operación entre elementos adyacentes, se analizaran puntos en los que la velocidad de operación varíe de manera característica sobre la velocidad de diseño del tramo y la específica de cada elemento lo que permitirá evaluar la consistencia del tramo.

1. MARCO REFERENCIAL

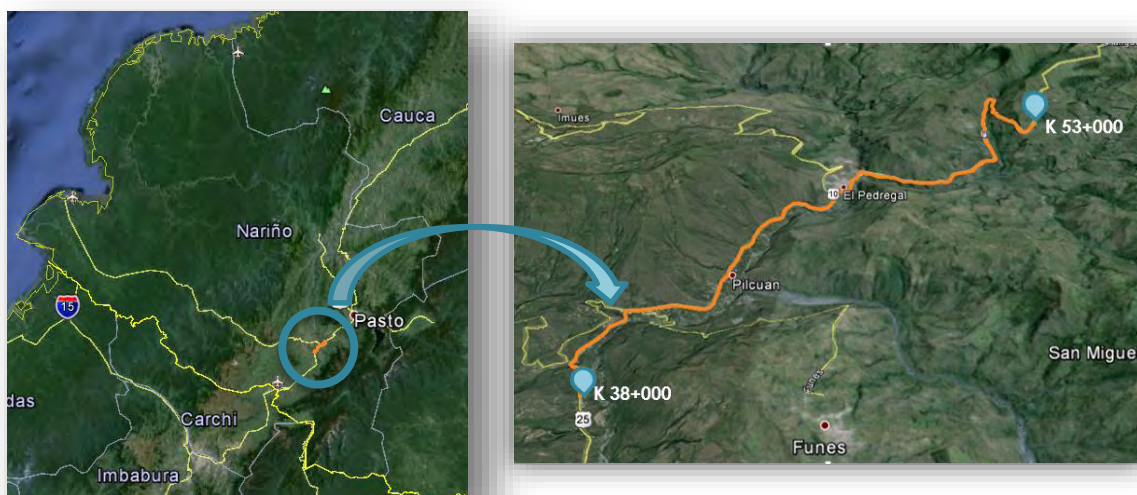
1.1 MARCO GEOGRAFICO.

Troncal de occidente

La Ruta Nacional 25 ó comúnmente llamada la Troncal de Occidente o Troncal Occidental hace parte del corredor vial Nacional de Colombia que parte del Puente 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 Pacífico³

Enmarcada dentro de la ruta troncal de occidente se encuentra la zona de interés comprendida desde el Puente Internacional de Rumichaca, en la frontera con Ecuador, pasando por Ipiales, y las poblaciones de San Juan, Pilcuan, Pedregal, Tangua y Catambuco, continuando por Pasto y empalmar con la población de Chachagüí, hasta el acceso al aeropuerto Antonio Nariño de la capital nariñense (Ver figura No.1). El terreno es montañoso en el 90 por ciento y el diez por ciento restantes se conforma por terreno ondulado y plano. Su importancia radica principalmente en que es una vía que permite la comunicación con el resto de países suramericanos, así como también permite la comunicación del Departamento de Nariño con el resto del país.

Figura No. 1. Localización del tramo de estudio



³ Ministerio de Transporte Resolución 339 de 26 de Febrero de 1999

1.2 MARCO CONCEPTUAL

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 están⁴:

Velocidad puntual. Es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto de la carretera en un instante dado.

Velocidad media temporal. Es el promedio aritmético de la velocidad puntual de un grupo de vehículos observados durante un intervalo de tiempo dado.

Velocidad media espacial. Promedio aritmético de la velocidad puntual de todos los vehículos que un instante determinado se encuentren en un tramo de carretera.

Velocidad de recorrido. Es la relación de la distancia total entre el principio y fin del viaje de un automóvil y el tiempo total que tarda en recorrerla.

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”⁵.

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

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.

Hoy en día el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 considera la velocidad específica dependiente de dos parámetros⁶:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo (VTR) en que se encuentra incluido el elemento.

⁴Diseño geométrico de vías. Universidad de Ibagué

⁵INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Op. Cit. Glosario de términos. Pág. 273

⁶INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Op. Cit. Controles para diseño geométrico. Pág. 39

- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

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 85⁷.

1.3 MARCO TEORICO

1.3.1 Criterios de velocidad según INVIAS 2008. Según el manual de diseño de carreteras en Colombia del Instituto Nacional de vías, para establecer una velocidad adecuada de una vía se debe tener en cuenta la seguridad de los usuarios; de tal manera que no haya cambios bruscos ni muy frecuentes de velocidad para los conductores.

Dentro del diseño de una vía se debe considerar tramos viales que sean homogéneos de tal manera que por sus condiciones topográficas se les pueda fijar una misma velocidad de diseño (VTR). Los tramos homogéneos y su respectiva velocidad de diseño obedecen a los siguientes criterios dados por el manual:

- 1) La longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño dada debe ser de tres (3) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (**20 y 50 km/h**) y de cuatro (4) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento diez kilómetros por hora (**60 y 110 km/h**).
- 2) La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes no puede ser mayor a veinte kilómetros por hora (**20 km/h**)⁸.

En caso de un cambio acentuado en el terreno en un pequeño trayecto de la vía se establece un tramo homogéneo de longitud menor a las especificadas

⁷Modifica Manual de señalización de tránsito estableciendo normas sobre modificación de velocidad. Santiago de Chile. 28 de febrero del 2000

⁸INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, *Op. cit.*, *Controles para diseño geométrico*. Pág. 37

anteriormente teniendo en cuenta que la velocidad de diseño para este tramo no debe variar en más de diez kilómetros por hora con los tramos adyacentes (10 km/h)⁹.

La velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR), es la base para definir de las características de los elementos geométricos incluidos en dicho tramo.

1.3.2 Velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR). Para un tramo homogéneo la velocidad de diseño (VTR) se designa bajo los criterios de la categoría de la carretera y el tipo de terreno; con base en la geografía colombiana se emplean los siguientes rangos de velocidades dados por el manual de diseño de carreteras de Instituto Nacional de Vías (INVIAS), los cuales se muestran en la tabla No.1.

Tabla No. 1 Valores de velocidad de diseño para tramos homogéneos en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

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

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras de Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

1.3.3 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil. Como se había referido más adelante la velocidad específica de cada uno de los elementos de un tramo homogéneo se refiere a la velocidad máxima con la que posiblemente circulara un conductor en ese elemento y con la cual se lo diseñara respectivamente.

⁹INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Op. cit. Controles para diseño geométrico. Pág. 37

Además la velocidad específica depende:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo (VTR) en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Específica el valor de la velocidad de diseño del tramo (VTR).
- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido¹⁰.

En resumen para asignar la velocidad específica de los elementos del tramo homogéneo se tiene en cuenta lo siguiente:

1) En el proceso de diseño del eje en planta:

- Partiendo de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo adoptada (VTR), asignar la Velocidad Específica a cada una de las curvas horizontales (VCH).
- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales (VCH), asignar la velocidad específica a las entretangencias horizontales (VETH).

2) En el proceso de diseño del eje en perfil:

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales (VCH) y a las entretangencias horizontales (VETH), asignar la Velocidad Específica a las curvas verticales (VCV).
- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las entretangencias horizontales (VETH), asignar la Velocidad Específica a las tangentes verticales (VTV)¹¹.

Los procesos para asignar las velocidades específicas de los elementos nombrados se encuentran estipulados en el manual de INVIAS con sus respectivas tablas.

1.3.4 Estudios de velocidades en el sitio. Como ya se había mencionado la velocidad es un factor importante en el transporte y un parámetro esencial en el diseño de una vía; tiene implicancias económicas, de seguridad, de tiempo y servicio para todos los usuarios de la vía.

¹⁰INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Op. Cit., Controles para diseño geométrico. Pág. 39,40

¹¹INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Op. Cit., Controles para diseño geométrico. Pág. 39,40

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 en una carretera; un estudio de velocidad en el sitio consiste en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico. Las características de velocidad identificadas serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento del estudio¹².

Se debe registrar la velocidad de un número suficiente de vehículos, de manera que se produzcan datos para determinar una velocidad conveniente que cubra a la mayoría de conductores (usualmente el 85%) con un grado razonable de seguridad.

Las tendencias y características de velocidad que se determinen en sitio generalmente se utilizan según Garber (2005) en¹³:

- Establecer parámetros para la operación y el control de tránsito, tales como zonas de velocidad (se usa la velocidad del percentil 85 como el límite de velocidad en una camino), o las restricciones de paso.
- Evaluar la efectividad de los dispositivos de control, tales como los señalamientos de mensajes variables en las zonas de trabajo
- Verificar el efecto de los programas en vigor que monitorean de la velocidad, tales como el uso de radar sonoro y de límites diferenciados de velocidad para automóviles y camiones.
- Evaluar y/o determinarlo adecuado de las características geométricas de la carretera, tales como los radios horizontales de las curvas y las longitudes verticales de las mismas.
- Evaluar el efecto de la velocidad en la seguridad de las carreteras mediante el análisis de los datos de accidentes para diferentes características de velocidad.
- Determinar las tendencias de velocidades
- Determinar si son válidas las quejas acerca de incidentes de exceso de velocidad.

Entre otras utilidades también se considera la velocidad de operación para establecer zonas de adelantamiento y para el establecimiento y la localización de señalización.

¹² GARBER, Nicholas; HOEL, Lester. INGENIERÍA DE TRANSITO Y DE CARRETERAS, OPERACIONES DE TRANSITO. México 2005 – pág.68.

¹³ *Ibíd.* pág.68.

1.3.5 Métodos para realizar los estudios de velocidades 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:¹⁴

- a. Datos puntuales: se refiere a la 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 los manuales no son de uso común:¹⁵

- 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 de los métodos más comunes.

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 en millas por hora¹⁶.

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.

¹⁴PEREZ, Ana Maria; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo. Op. Cit., Pág. 39.

¹⁵GARBER, Nicholas; HOEL, Lester. Op. Cit., pág.83.

¹⁶GARBER, Nicholas; HOEL, Lester. Op. Cit., pág.84.

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

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

Los radares vienen en muchos modelos. Los hay de mano, estacionarios y de movimiento. Los de mano son operados a batería, y la mayoría son desde una posición estacionaria. Los radares estacionarios pueden montarse en vehículos, y poseer una o dos antenas, y el vehículo aparcado. Los radares de movimiento se emplean, cuando el vehículo se mueve. Estos artefactos son muy complejos, y pueden medir velocidades de automóviles por delante y por detrás del vehículo de control¹⁷.

La ventaja de usar estos dispositivos es que si se ubican en una buena posición en la que el aparato no sea percibido por los conductores se reduce el cambio del comportamiento de estos, además, lo importante de una pistola radar es su bajo precio y su maniobrabilidad, claro que también se pueden encontrar en el mercado radares de miles de dólares.

El uso de radar también 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.

¹⁷HYPERPHISICS – technical info and calculators for pólice radar. RADAR GUNS APPROVED in the USA and currenclly in production.

- Errores cometidos por la persona que hace la medición de las velocidades.

La antena de un radar puede verse afectada por interferencias, tales como: líneas de alta tensión, teléfonos celulares, algunas frecuencias de radio, entre otras.

Hay que tener en cuenta que dependiendo del equipo y de la frecuencia que este use puede ser susceptible a ser identificado por detectores de radar que hoy en día muchos conductores utilizan; hay que tener en cuenta también que “no necesariamente el radar detecta el objeto de mayor velocidad, ya que la señal de retorno más fuerte puede estar afectada por diferentes factores, como el tamaño del móvil, el área transversal mirando hacia la antena de radar, su relativa velocidad y la distancia al radar”.¹⁸

Medidores con tecnología GPS

Mediante el uso de esta tecnología se puede obtener la velocidad de un tramo amplio de vía, para esto se usa vehículos instrumentados con los equipos de GPS, cabe aclarar que los conductores son voluntarios y conocen el objeto del estudio, en este caso se desarrollaría un error ya que no se realiza el estudio con el comportamiento real de los conductores.

Una variación para el uso del GPS en un tramo de vía es parar a vehículos particulares en el inicio del tramo, pedir su colaboración, colocar el GPS en su auto, al final del tramo se recibe el instrumento al conductor y así se obtiene la velocidad de ese auto en el tramo. También se caería en el error porque el conductor de una u otra forma variaría su comportamiento, además el solo hecho de parar el auto afectaría el flujo normal del tráfico.

Detectores de camino

Dentro de los detectores de camino se encuentran los tubos neumáticos que son los más comunes dentro de este grupo, estos se colocan en forma transversal al carril donde serán recolectados los datos. Cuando un vehículo en movimiento pasa sobre el tubo se transmite un impulso de aire a través del tubo hasta el contador. Para mediciones de velocidad, se colocan dos tubos en forma transversal al carril con una separación generalmente de 6 pies o la que se considere adecuada, cuando las ruedas de un vehículo en movimiento pasan sobre el primer tubo, se registra el primer impulso, poco después se registra un segundo impulso cuando las ruedas delanteras pasan sobre el segundo tubo. El tiempo que transcurre entre los dos impulsos y la distancia entre los tubos sirve de referencia para calcular la velocidad del vehículo¹⁹.

¹⁸HYPERPHISICS – technical info and calculators for pólíce radar. RADAR GUNS APPROVED in the USA and currenclly in production.

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

El uso de estos dispositivos tiene como ventaja reducir el error, pero la desventaja es su elevado costo y además, pueden ser muy obvios y afectar el comportamiento del conductor y por consiguiente la distribución de velocidades.

1.3.6 Consistencia vial. La consistencia vial se define como la relación entre las características geométricas propias de una vía y las expectativas que tienen los conductores sobre las mismas.

Una vía se considera no consistente si presenta cambios inesperados y excesivos en su diseño para los cuales un conductor no está preparado, llevándolo a efectuar maniobras peligrosas que pueden ocasionar accidentes.

Por el contrario, cuando una vía tiene un adecuado diseño geométrico, la velocidad de operación de los vehículos no difiere excesivamente de la velocidad de diseño y por consiguiente ésta no va a variar de manera excesiva, brindando al conductor seguridad y comodidad.

Para la evaluación de la consistencia vial existen varios criterios basados en la estabilidad del vehículo, en el análisis del trazado de la vía, en la evaluación de la carga de trabajo del conductor y criterios basados en la velocidad de operación en los elementos sucesivos que conforman el trazado.

Dentro de este último, el método más utilizado es el propuesto por Lamm²⁰, el cual considera tres criterios:

- CRITERIO I : Comparación entre la velocidad de diseño (V_d) y la velocidad de operación en el percentil 85 (V_{85})
- CRITERIO II : Comparación entre velocidades de operación (V_{85}) entre elementos consecutivos
- CRITERIO III: Diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y demandado

De estos tres criterios, los criterios I y II son los más convencionales, dado que el criterio III evalúa la consistencia basándose en la diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y el demandado de una manera muy sencilla que no refleja efecto real de la estabilidad de un vehículo con respecto a la fricción lateral.

Los criterios a considerar para la evaluación de la consistencia vial de acuerdo a los criterios I y II de Lamm se muestran en la tabla No.2.

²⁰ PEREZ, Ana Maria; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. P.9.

Tabla No. 2 Criterios I y II de Lamm

NIVEL DE CONSISTENCIA	CRITERIO I (km/h)	CRITERIO II (km/h)
Buena	$ v_{85} - v_d \leq 10$	$ v_{85_i} - v_{85_{i+1}} \leq 10$
Regular	$10 < v_{85} - v_d \leq 20$	$10 < v_{85_i} - v_{85_{i+1}} \leq 20$
Mala	$ v_{85} - v_d > 20$	$ v_{85_i} - v_{85_{i+1}} > 20$

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO

La etapa inicial de la investigación consistió en la identificación de cada uno de los elementos que hacen parte del tramo comprendido entre los kilómetros 38 y 53 de la vía Pasto – Ipiales, para ello fue necesario basarse en planos de diseño geométrico ya existentes del sitio objeto de estudio.

De acuerdo a la información obtenida en planos, en el tramo vial se identificaron un total de 145 elementos horizontales, 73 de los cuales corresponden a rectas tangentes y los 72 restantes a curvas. Estos elementos son base del estudio, dado que en cada uno de ellos se realizaron muestreos para la determinación de la velocidad de operación tanto en sentido norte – sur como en sentido sur – norte.

Una vez identificados los elementos a evaluar, se lleva a cabo una caracterización de los mismos, la cual se fundamenta en la determinación de las principales propiedades de curvas y rectas, tales como: longitud, radio, pendiente, ancho de calzada y peralte.

2.2 DETERMINACIÓN VELOCIDAD DE OPERACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO

Considerando su fácil apreciación, la velocidad de operación se considera el factor más relevante en la evaluación de la consistencia vial a través del análisis de perfiles de velocidad, por consiguiente a continuación se describe el proceso para identificarla y la muestra a la cual se aplicó el estudio.

2.2.1 Método de obtención de velocidad de operación. Para este caso, la velocidad de operación de los vehículos objeto de estudio se determina mediante el uso de la pistola radar la cual funciona mediante el principio Doppler, de esta manera se realizan mediciones puntuales de velocidad a automóviles, buses y camiones de dos ejes en cada uno de los elementos del tramo.

La pistola radar de velocidad es un detector de velocidad con pantalla digital que proporciona lecturas en kilómetros por hora y/o millas por hora, cuyo funcionamiento consiste en apuntar en dirección del desplazamiento del objetivo y presionar el gatillo, de esta manera aparecerá inmediatamente en pantalla el valor de la velocidad que lleva el vehículo.

Para efectos de la presente investigación el instrumento utilizado fue una pistola radar de velocidad marca Bushnell (Ver figura No.2), cuyas características se mencionan a continuación:

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

Figura No. 2 Pistola radar de velocidad



2.2.2 Obtención de la muestra. Con el objeto de conocer el tipo de vehículos que circulan diariamente en la vía Pasto – Ipiales, previo inicio del estudio se consideró pertinente realizar un conteo vehicular piloto, del cual se obtuvo los resultados expresados en la tabla No.3.

Duración del conteo	:	Doce (12) Horas
Lugar del conteo	:	Recta sector Bavaria entre K 75+912 y K 76+274

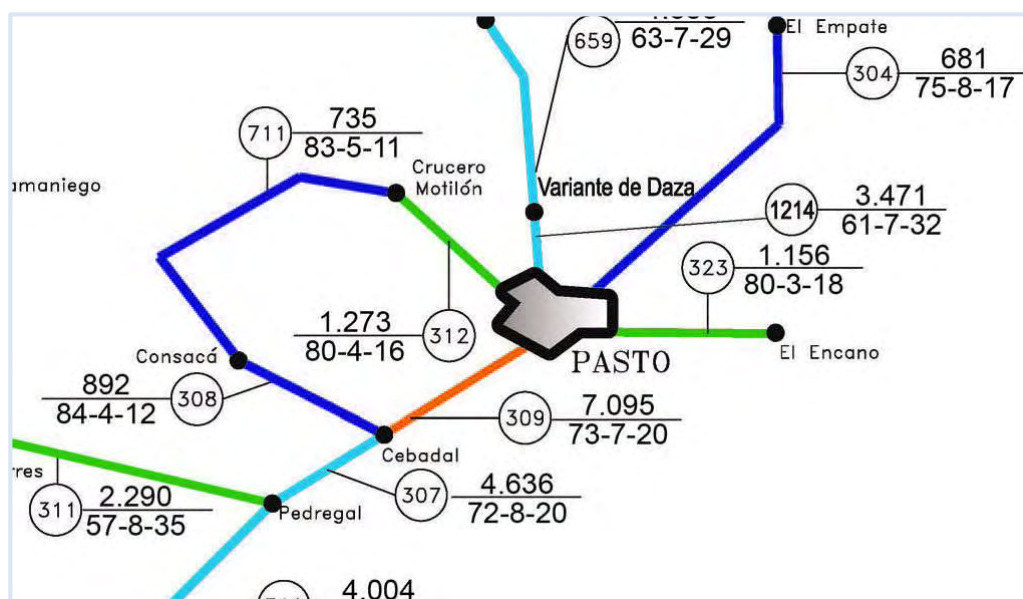
Tabla No. 3 Resultados conteo vehicular piloto

TIPO DE VEHICULO	SENTIDO SUR – NORTE		SENTIDO NORTE - SUR	
	TOTAL	%	TOTAL	%
Automóvil	1.893	78,84	2.807	83,59
Bus	219	9,12	222	6,61
Camión 2 Ejes Pequeños	110	4,58	96	2,86
Camión 2 Ejes Grandes	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 de más de 5 Ejes	18	0,75	54	1,61
TOTAL	2.401	100,00	3.358	100,00

Aunado al conteo anterior es preciso también tener en cuenta los datos de volúmenes de tránsito 2010 – 2011 del Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de Transporte para el tramo correspondiente Pasto – Cebadal (Ver figura No.3), correspondiente a la estación 309 que presenta un tránsito promedio diario semanal igual a 7.095 vehículos. A continuación, se muestra los porcentajes de autos, buses y camiones:

Autos : 73%
 Buses : 7%
 Camiones : 20%

Figura No. 3 Volumen de tránsito promedio diario semanal. INVIAS



Además, los volúmenes de tránsito 2010 – 2011 del Instituto Nacional de Vías proporciona datos sobre la concurrencia de los diferentes tipos de camiones. Para el año 2011 se presenta un tránsito promedio diario semanal de 746 camiones. A continuación se indica el porcentaje por tipo de camión:

C - 2P	:	41.42%
C - 2G	:	50.67%
C - 3 - C4	:	6.97%
C - 5	:	0.27%
3C - 5	:	0.67%

De esta manera, considerando tanto los resultados obtenidos a partir del conteo vehicular piloto como los volúmenes de tránsito INVIAS 2011, en especial para camiones, es factible observar que los camiones superiores a dos ejes no presentan un tránsito significativo en comparación con los camiones tipo C -2P y C – 2G, por consiguiente para efectos de la investigación se establece tomar como muestra para la medición de la velocidad de operación a automóviles, buses y camiones de dos ejes.

2.2.3 Tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra a tomar por cada uno de los elementos del tramo estudiado fue definida mediante cálculo estadístico, de acuerdo a la ecuación establecida en el texto Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor y Cárdenas Grisales, la cual es utilizada para la obtención del tamaño de la muestra en un estudio de velocidades puntuales²¹.

$$n = \left(\frac{K * S}{E} \right)^2$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- K = Constante que corresponde al nivel de confiabilidad
- 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 a 30

Para este estudio no se contó con datos de desviación estándar de las velocidades instantáneas en ninguna de las vías del departamento de Nariño, por consiguiente para efectos de la investigación se toma un valor de desviación estándar promedio recomendada por Cal y Mayor y Cárdenas, cuyo valor es de 8 KPH que corresponde a un valor empírico para velocidades de punto en cualquier tipo de vía sobre la cual no se hayan realizado estudios anteriores; este valor coincide con el valor recomendado por el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito del programa de

²¹ CAL Y MAYOR, Rafael; CARDENAS, James. Ingeniería de Transito. Fundamentos y aplicaciones. 8 ed. México D.F.; Editorial Alfa omega, 2007. Pág. 262.

asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas²², la cual se muestra en la tabla No.4.

Tabla No. 4 Desviación estándar media manual de estudios de Ingeniería de Tránsito

AREA DE TRANSITO	TIPO DE CARRETERA	DESVIACION ESTANDAR 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 confiabilidad que se quiera dar a los datos obtenidos. Frecuentemente se toma un valor de 2.0 dado que este proporciona un nivel de confianza de 95.5%. Por otra parte, el error depende de la precisión que quiera dar el investigador a su trabajo; esta medida es una tolerancia absoluta, esto quiere decir que el error absoluto se especifica como +/- un valor seleccionado. El error permitido puede oscilar entre +/- 1.5 km/h y +/- 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.

De acuerdo a lo anterior y utilizando la fórmula recomendada por Cal y Mayor y Cárdenas, mencionada anteriormente, se obtiene lo siguiente:

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

De esta manera, el tamaño mínimo de la muestra es de sesenta y cuatro (64) mediciones de velocidad instantánea. Esta medición debe realizarse por cada tipo de vehículo, es decir, 64 automóviles, 64 buses y 64 camiones de dos ejes en los dos sentidos de flujo de cada uno de los elementos del tramo de estudio.

2.2.4 Procedimiento de toma de datos en campo. La obtención de la velocidad de operación se realizó en condiciones de flujo libre y en los dos sentidos de flujo vehicular: Norte – Sur (Pasto – Ipiales) y Sur – Norte (Ipiales – Pasto), utilizando un sensor radar o también conocido como pistola radar de velocidad.

²² SUBSECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y DE ORDENACION DEL TERRITORIO. Manual de Estudio de Ingeniería de Tránsito del Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. Tomo XII. pág. 15

En el caso cuando se encontraron dos elementos similares tanto en longitud como en radio y pendiente, se tomó la velocidad en uno solo de los elementos.

En el caso de entretangencias cortas, se realizaron ensayos en campo en los que se observó que la velocidad de los vehículos en este tipo de elementos era muy similar a la velocidad que desarrollaban en las curvas inmediatamente anterior o posterior, por consiguiente se determinó que para efectos de la investigación, para este tipo de elemento se tomará el mayor valor de velocidad de operación entre la curva anterior y posterior.

De igual manera en el caso de curvas con radios grandes y cuerdas pequeñas se observó que los vehículos tienden a desarrollar la misma velocidad a lo largo de los tres elementos es decir de la curva y las entretangencias anterior y posterior a ella, por consiguiente, se consideró pertinente trabajar estos tres elementos como una recta larga, en la cual la mayor velocidad se desarrolla en el último tercio de su longitud.

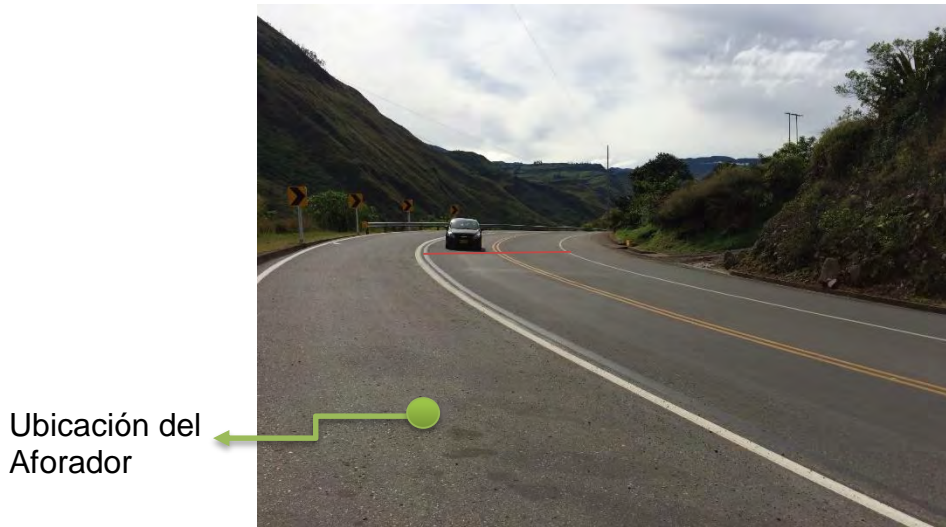
Además de lo expuesto anteriormente, con el objeto de tener una muestra más representativa, para la recolección de datos en campo se tuvo en cuenta otras disposiciones, tales como:

- Cuidar de tomar medidas aleatorias y representativas
- Realizar aforo de datos en condiciones favorables en cuanto a clima y flujo vehicular.
- En caso de filas de vehículos, tomar la velocidad del primer vehículo.
- Tener en cuenta las condiciones de perpendicularidad de enfoque del radar.
- El aforador debe tomar una posición discreta al momento de realizar el aforo, de manera tal que el conductor no se percate de la actividad y de esta manera se eviten cambios en la velocidad de operación.

2.2.4.1 Velocidad de operación en curvas. Estudios 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.

Teniendo en cuenta lo anterior, para la toma de velocidad de operación en curvas, se tuvo en cuenta que la ubicación del aforador debe ser tal que al momento de apuntar al vehículo objeto de la muestra, el rayo del radar quede perpendicular a la sección transversal de la curva, situando visualmente dicha sección en el punto de la curva donde se desarrolla el mayor peralte que es aproximadamente en el punto medio de la curva, donde probablemente los vehículos registran la menor velocidad. Ver figura No.4.

Figura No. 4 Ubicación para aforo en curvas



2.2.4.2 Velocidad de operación en rectas tangentes. El muestreo en rectas tangentes se realiza en el punto donde la velocidad de operación alcance un valor mayor. Dependiendo tanto de la longitud de la recta como de su pendiente, el lugar donde se desarrolle la mayor velocidad de operación será diferente.

En rectas cortas, por lo general, la mayor velocidad de operación se alcanza a desarrollar próximo al centro de la recta, mientras que en rectas largas, la velocidad tiende a ser mayor hacia el último tercio de la tangente en el sentido del flujo. Ver Figura No. 5

2.2.4.3 Determinación de peralte máximo en una curva. La velocidad de específica de diseño es una de las bases principales dentro del estudio de la consistencia vial, por ello, teniendo en cuenta que dentro de la información preliminar obtenida para el tramo no se encontraron valores para este parámetro, se procedió a medir el peralte máximo de cada curva para después, con los valores de radio establecer el valor de velocidad específica de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS – 2008.

Así, para determinar el valor del peralte máximo se utilizó un nivel de precisión, y una mira, se ubica el centro de la curva, el cual posiblemente es el punto donde se desarrolla el peralte máximo, de esta manera, con el nivel de precisión ya instalado se toman medidas sobre la mira en cada lado de la calzada y posteriormente con un flexómetro se toma la distancia entre los dos puntos de medición, que para este caso será el mismo ancho de calzada. Ver Figura no. 6

Figura No. 5 Ubicación para aforo en tangentes



Desarrollo de la mayor velocidad de operación en tangentes largas

Figura No. 6 Determinación de peralte máximo en curva



Finalmente se calcula la diferencia de nivel existente, se divide entre el ancho de calzada y se multiplica el resultado por cien, con el objeto de obtener el peralte máximo de la curva en porcentaje, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:


Lectura de Nivel No. 1	:	1.53	m
Lectura de Nivel No. 2	:	1.25	m
Ancho de Calzada	:	7.30	m

$$Peralte = \frac{L_1 - L_2}{A} \times 100$$

$$Peralte = \frac{1.53m - 1.25m}{7.30m} \times 100 = 3.70\%$$

2.2.5 Recopilación de datos de campo. Para efectos de consignación de los datos de velocidad tomados en campo se diseñó un formato específico (Ver tabla No. 5), en el cual se consignaron la localización (abscisa) de cada elemento, fecha de toma de muestra, condiciones climáticas y del pavimento y sentido del flujo, además, en este formato cada tipo de vehículo estudiado contiene 66 casillas para consignar su velocidad de operación.

Tabla No. 5 Formato de campo

	ESTUDIO DE VELOCIDAD PUNTUAL MEDIDAS DE VELOCIDAD FORMATO DE CAMPO	UNIVERSIDAD DE NARIÑO FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL			
Fecha _____ Localización _____ Hoja _____ De _____ Hora Inicio _____ Estado del Pavimento _____ Sentid _____ Hora Final _____ Condición Climática _____ Aforador _____ Supervisor _____					
N o.	Lectura (KPH)	Lectura (KPH)	Lectura (KPH)	Carga	Carga
	A B C2	A B C2	A B C2	Si No	Si No
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					

Notas

1. Velocidad que indique el
2. A = Automóviles a flujo libre; B = Bus o buseta a flujo libre
- C2P = Camión de dos ejes pequeño a flujo libre; C2G = Camión de dos ejes grande a flujo libre
3. Aplica a los camiones que llevan carga

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

Observacio _____	_____
Firma _____	Firma Aforador _____

3. PROCESAMIENTO DE DATOS

3.1 DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD ESPECÍFICA DE DISEÑO

La velocidad específica de diseño se calcula de acuerdo al procedimiento contemplado en la tabla 3.4 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 del Instituto Nacional de Vías INVIAS, según el cual esta velocidad se obtiene en función del radio de curvatura y el peralte del elemento.

Con el valor de peralte calculado para la curva se entra en la tabla 3.4 y se identifica el rango de velocidad en el que se encuentra para posteriormente mediante interpolación obtener el valor de la velocidad específica del elemento.

3.1.1 Velocidad específica de diseño en curvas con peraltes superiores a 8%.

En el Capítulo 3 del Manual Geométrico de Carreteras, el Instituto Nacional de Vías INVIAS, contempla tanto para vías Primarias como Secundarias un peralte máximo de ocho por ciento (8%), no obstante, en el cálculo de peralte realizado se encontraron valores superiores al límite establecido; en estos casos, la velocidad de diseño específica será la mayor posible, es decir, la velocidad establecida para el peralte máximo de 8%.

3.1.2 Velocidad específica de diseño para entretangencias. El capítulo 2 “Controles para el Diseño Geométrico” del Manual Geométrico de Carreteras del INVIAS, contempla que los vehículos van a circular por la entretangencias a la velocidad a la que salieron de la curva siendo críticos los que entraron a la entretangencia desde la curva horizontal que presenta la Velocidad Específica mayor²³

En consecuencia de lo anterior la velocidad específica de la entretangencia será la mayor de las dos velocidades específicas de las curvas horizontales extremas.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS

Con los datos obtenidos anteriormente en campo tales como velocidades de operación, ancho de calzada y peralte, además de otras propiedades obtenidas a través de planos de diseño para cada elemento, se obtiene para cada elemento, la caracterización que se muestra a continuación, en la tabla No. 6

²³ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual Diseño Geometrico de Carreteras. Controles para el Diseño Geometrico, p. 46

Tabla No. 6 Caracterización de elementos del tramo

ELEM	COTA		TIPO	RADIO	LONG	PERALTE MAXIMO			VEL. DISEÑO	VEL. ESPECIF.
	INICIO	FIN				L1	L2	PER.		
1	K38+035.02	K38+687.98	Recta		652.97				N.E.	N.E.
2	K38+687.98	K38+771.31	Curva	72.98	83.33	3.61	1.86	11.30	40.00	50.00
3	K38+771.31	K38+807.96	Recta		36.65				40.00	50.00
4	K38+807.96	K38+911.86	Curva	55.63	103.90	1.40	2.16	9.10	40.00	45.00
5	K38+911.86	K38+946.67	Recta		34.80				40.00	50.00
6	K38+946.67	K38+987.7	Curva	76.92	41.04	2.44	1.65	9.80	40.00	50.00
7	K38+987.70	K39+074.18	Recta		86.48				40.00	50.00
8	K39+074.18	K39+166.91	Curva	128.96	92.72	0.70	1.12	5.50	40.00	40.00
9	K39+166.91	K39+439.13	Recta		272.22				40.00	40.00
10	K39+439.13	K39+485.2	Curva	285.70	46.08	1.20	0.92	3.60	40.00	40.00
11	K39+485.20	K39+548.67	Recta		63.47				40.00	40.00
12	K39+548.67	K39+633.68	Curva	238.34	85.01	1.53	1.26	3.70	40.00	40.00
13	K39+633.68	K39+681.78	Recta		48.10				40.00	45.00
14	K39+681.78	K39+725.83	Curva	61.78	44.05	1.22	2.10	10.50	40.00	45.00
15	K39+725.83	K39+790.05	Recta		64.22				40.00	45.00
16	K39+790.05	K39+843.8	Curva	213.86	53.75	1.07	1.33	3.50	40.00	40.00
17	K39+843.80	K39+889.23	Recta		45.43				40.00	45.00
18	K39+889.23	K39+966.21	Curva	53.31	76.98	5.00	4.08	11.70	40.00	45.00
19	K39+966.21	K40+065.51	Recta		99.30				40.00	45.00
20	K40+065.51	K40+165.51	Curva	51.38	100.00	0.04	0.85	10.50	40.00	45.00
21	K40+165.51	K40+288.98	Recta		123.47				40.00	45.00
22	K40+288.98	K40+347.66	Curva	378.62	58.68	1.12	0.94	2.40	40.00	40.00
23	K40+347.66	K40+722.97	Recta		375.31				40.00	40.00
24	K40+722.97	K40+811.3	Curva	268.64	88.33	0.60	0.84	3.60	40.00	40.00
25	K40+811.30	K40+921.65	Recta		110.35				40.00	40.00
26	K40+921.65	K40+953.16	Curva	387.52	31.51	0.42	0.46	0.50	40.00	40.00
27	K40+953.16	K41+168.31	Recta		215.15				40.00	45.00
28	K41+168.31	K41+451.69	Curva	160.00	283.38	0.94	0.52	5.60	40.00	45.00
29	K41+451.69	K41+866.17	Recta		414.48				40.00	45.00
30	K41+866.17	K41+945.89	Curva	173.51	79.72	1.19	1.32	1.70	40.00	40.00
31	K41+945.89	K42+027.52	Recta		81.63				40.00	50.00
32	K42+027.52	K42+097.46	Curva	128.83	69.94	3.37	3.92	6.90	40.00	50.00
33	K42+097.46	K42+192.63	Recta		95.17				40.00	50.00
34	K42+192.63	K42+252.6	Curva	135.83	59.97	0.75	1.16	5.50	40.00	40.00
35	K42+252.60	K42+412.41	Recta		159.82				40.00	40.00
36	K42+412.41	K42+489.29	Curva	275.39	76.88	2.28	2.55	3.60	40.00	40.00
37	K42+489.29	K42+669.94	Recta		180.64				40.00	60.00
38	K42+669.94	K42+739.52	Curva	103.90	69.58	0.47	1.16	8.10	40.00	60.00
39	K42+739.52	K42+797.19	Recta		57.68				40.00	60.00
40	K42+797.19	K42+842.81	Curva	147.76	45.62	1.63	1.21	5.30	40.00	40.00
41	K42+842.81	K42+931.77	Recta		88.96				40.00	45.00
42	K42+931.77	K42+961.64	Curva	60.47	29.87	0.98	1.64	8.20	40.00	45.00
43	K42+961.64	K43+038.5	Recta		76.86				40.00	45.00
44	K43+038.50	K43+089.05	Curva	185.34	50.55	0.91	1.23	3.80	40.00	40.00
45	K43+089.05	K43+233.67	Recta		144.62				40.00	55.00
46	K43+233.67	K43+321.1	Curva	315.02	87.43	0.85	1.23	5.00	40.00	55.00
47	K43+321.10	K43+573.87	Recta		252.78				40.00	60.00
48	K43+573.87	K43+642.46	Curva	100.44	68.58	0.44	1.19	9.70	40.00	60.00

ELEM	COTA		TIPO	RADIO	LONG	PERALTE MAXIMO			VEL. DISEÑO	VEL. ESPECIF.
	INICIO	FIN				L1	L2	PER.		
49	K43+642.46	K43+708.06	Recta		65.60				40.00	60.00
50	K43+708.06	K43+851.44	Curva	123.21	143.39	2.09	2.65	7.10	40.00	50.00
51	K43+851.44	K43+924.29	Recta		72.85				40.00	50.00
52	K43+924.29	K43+992.12	Curva	126.60	67.83	1.65	1.20	6.20	40.00	45.00
53	K43+992.12	K44+095.57	Recta		103.45				40.00	45.00
54	K44+095.57	K44+254.45	Curva	182.06	158.88	0.70	1.07	4.70	40.00	40.00
55	K44+254.45	K44+371.74	Recta		117.29				40.00	50.00
56	K44+371.74	K44+452.33	Curva	101.12	80.59	0.73	1.32	7.30	40.00	50.00
57	K44+452.33	K44+520.61	Recta		68.28				40.00	50.00
58	K44+520.61	K44+684.86	Curva	160.19	164.25	1.28	0.95	3.90	40.00	40.00
59	K44+684.86	K44+793.32	Recta		108.46				40.00	40.00
60	K44+793.32	K44+854.71	Curva	93.62	61.39	0.78	1.26	6.10	40.00	40.00
61	K44+854.71	K44+956.86	Recta		102.15				40.00	45.00
62	K44+956.86	K45+056.13	Curva	118.77	99.27	0.30	0.76	6.20	40.00	45.00
63	K45+056.13	K45+124.11	Recta		67.98				40.00	N.E.
64	K45+124.11	K45+201.54	Curva	77.47	77.43	N.E.	N.E	N.E	40.00	N.E.
65	K45+201.54	K45+277.52	Recta		75.98				40.00	N.E.
66	K45+277.52	K45+339.21	Curva	94.61	61.69	N.E.	N.E	N.E	40.00	N.E.
67	K45+339.21	K45+438.67	Recta		99.46				40.00	N.E.
68	K45+438.67	K45+532.79	Curva	67.64	94.12	2.22	1.63	6.90	40.00	40.00
69	K45+532.79	K45+760.72	Recta		227.93				40.00	50.00
70	K45+760.72	K45+818.12	Curva	69.74	57.40	0.34	1.12	9.30	40.00	50.00
71	K45+818.12	K45+861.14	Recta		43.02				40.00	50.00
72	K45+861.14	K45+921.43	Curva	128.60	60.29	0.42	0.81	4.80	40.00	40.00
73	K45+921.43	K46+108.29	Recta		186.86				40.00	40.00
74	K46+108.29	K46+199.72	Curva	57.79	91.44	1.35	0.72	5.70	40.00	40.00
75	K46+199.72	K46+256.14	Recta		56.41				40.00	45.00
76	K46+256.14	K46+318.64	Curva	151.84	62.50	1.42	0.82	5.60	40.00	45.00
77	K46+318.64	K46+419.7	Recta		101.06				40.00	50.00
78	K46+419.70	K46+513.35	Curva	175.41	93.66	1.79	1.28	6.10	40.00	50.00
79	K46+513.35	K46+712.41	Recta		199.06				40.00	50.00
80	K46+712.41	K46+770.15	Curva	207.24	57.74	0.64	1.11	5.60	40.00	50.00
81	K46+770.15	K46+819.39	Recta		49.24				40.00	50.00
82	K46+819.39	K46+873.66	Curva	409.09	54.27	1.34	1.46	1.80	40.00	40.00
83	K46+873.66	K47+010.35	Recta		136.69				40.00	55.00
84	K47+010.35	K47+063.74	Curva	90.32	53.39	1.85	1.22	8.70	40.00	55.00
85	K47+063.74	K47+104.79	Recta		41.05				40.00	55.00
86	K47+104.79	K47+169.08	Curva	201.16	64.29	1.08	1.41	4.40	40.00	40.00
87	K47+169.08	K47+214.32	Recta		45.24				40.00	40.00
88	K47+214.32	K47+272.81	Curva	199.30	58.49	1.54	1.84	4.10	40.00	40.00
89	K47+272.81	K47+495.41	Recta		222.60				40.00	40.00
90	K47+495.41	K47+572.99	Curva	222.60	77.58	2.02	1.67	4.30	40.00	40.00
91	K47+572.99	K47+662.02	Recta		89.03				40.00	40.00
92	K47+662.02	K47+718.19	Curva	114.92	56.16	0.43	0.91	6.00	40.00	40.00
93	K47+718.19	K47+778.18	Recta		59.99				40.00	50.00
94	K47+778.18	K47+896.19	Curva	87.40	118.01	1.58	2.19	7.60	40.00	50.00
95	K47+896.19	K47+970.77	Recta		74.58				40.00	50.00
96	K47+970.77	K48+036.86	Curva	84.74	66.09	0.58	1.25	7.90	40.00	50.00
97	K48+036.86	K48+383.53	Recta		346.67				40.00	50.00
98	K48+383.53	K48+448.7	Curva	109.28	65.16	2.10	1.59	6.70	40.00	40.00

ELEM	COTA		TIPO	RADIO	LONG	PERALTE MAXIMO			VEL. DISEÑO	VEL. ESPECIF.
	INICIO	FIN				L1	L2	PER.		
99	K48+448.70	K48+619.02	Recta		170.33				40.00	40.00
100	K48+619.02	K48+679.39	Curva	100.59	60.37	0.98	1.40	5.40	40.00	40.00
101	K48+679.39	K48+778.37	Recta		98.98				40.00	40.00
102	K48+778.37	K48+812.55	Curva	138.82	34.18	0.63	1.01	5.00	40.00	40.00
103	K48+812.55	K48+868.61	Recta		56.05				40.00	50.00
104	K48+868.61	K49+016.96	Curva	87.82	148.35	2.35	1.73	7.70	40.00	50.00
105	K49+016.96	K49+258.16	Recta		241.21				40.00	50.00
106	K49+258.16	K49+300.93	Curva	243.18	42.77	1.14	0.86	2.80	40.00	40.00
107	K49+300.93	K49+390.5	Recta		89.57				40.00	40.00
108	K49+390.50	K49+447.53	Curva	231.99	57.03	0.08	0.42	3.50	40.00	40.00
109	K49+447.53	K49+732.05	Recta		284.52				40.00	40.00
110	K49+732.05	K49+808.63	Curva	75.52	76.58	1.38	1.56	1.90	40.00	40.00
111	K49+808.63	K49+866.26	Recta		57.63				40.00	50.00
112	K49+866.26	K49+978.36	Curva	92.39	112.10	0.54	1.22	7.50	40.00	50.00
113	K49+978.36	K50+046.07	Recta		67.71				40.00	50.00
114	K50+046.07	K50+098.57	Curva	105.50	52.50	1.88	1.23	6.40	40.00	45.00
115	K50+098.57	K50+231.52	Recta		132.95				40.00	50.00
116	K50+231.52	K50+280.27	Curva	156.92	48.75	0.33	0.96	6.60	40.00	50.00
117	K50+280.27	K50+379.73	Recta		99.45				40.00	50.00
118	K50+379.73	K50+430.95	Curva	102.22	51.22	0.65	1.11	4.80	40.00	40.00
119	K50+430.95	K50+485.88	Recta		54.93				40.00	50.00
120	K50+485.88	K50+542.72	Curva	78.57	56.85	2.25	1.42	8.60	40.00	50.00
121	K50+542.72	K50+603.86	Recta		61.14				40.00	50.00
122	K50+603.86	K50+645.26	Curva	79.31	41.40	0.49	1.30	8.70	40.00	50.00
123	K50+645.26	K50+820.55	Recta		175.29				40.00	50.00
124	K50+820.55	K50+858.66	Curva	85.06	38.11	1.95	1.28	7.20	40.00	45.00
125	K50+858.66	K50+995.00	Recta		136.34				40.00	45.00
126	K50+995.00	K51+184.41	Curva	60.37	189.40	1.19	1.83	6.70	40.00	40.00
127	K51+184.41	K51+294.51	Recta		110.10				40.00	55.00
128	K51+294.51	K51+366.11	Curva	93.93	71.60	0.43	1.18	10.10	40.00	55.00
129	K51+366.11	K51+427.46	Recta		61.35				40.00	55.00
130	K51+427.46	K51+486.92	Curva	99.45	59.46	1.80	1.29	6.90	40.00	45.00
131	K51+486.92	K51+545.06	Recta		58.14				40.00	45.00
132	K51+545.06	K51+608.10	Curva	65.75	63.04	0.54	1.12	6.60	40.00	40.00
133	K51+608.10	K51+680.48	Recta		72.38				40.00	50.00
134	K51+680.48	K51+736.09	Curva	82.51	55.61	2.04	1.42	8.30	40.00	50.00
135	K51+736.09	K51+790.03	Recta		53.95				40.00	60.00
136	K51+790.03	K51+856.71	Curva	103.54	66.67	0.47	1.17	9.30	40.00	60.00
137	K51+856.71	K52+069.96	Recta		213.25				40.00	60.00
138	K52+069.96	K52+115.31	Curva	134.53	45.35	1.70	1.26	5.60	40.00	40.00
139	K52+115.31	K52+225.74	Recta		110.43				40.00	40.00
140	K52+225.74	K52+275.67	Curva	91.68	49.93	1.55	1.23	4.20	40.00	40.00
141	K52+275.67	K52+337.55	Recta		61.89				40.00	60.00
142	K52+337.55	K52+401.89	Curva	312.82	64.34	0.53	1.04	6.50	40.00	60.00
143	K52+401.89	K52+532.90	Recta		131.01				40.00	60.00
144	K52+532.90	K52+755.70	Curva	95.71	222.80	0.73	0.87	1.50	40.00	40.00
145	K52+755.70	K52+962.47	Recta		206.77				40.00	40.00

3.3 DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD EN PERCENTIL 85

Dentro de los estudios de consistencia vial basados en el comportamiento de la velocidad de operación de los vehículos, se toma el percentil 85 como la medida más utilizada, dado que se considera como la velocidad elegida por el 85% de los conductores bajo condiciones de flujo libre y que solo es superada por el 15% restante de los vehículos.

Ahora, con los datos de velocidad de operación obtenidos en campo para cada elemento y tipo de vehículo estudiado se procede al cálculo de la velocidad de operación correspondiente al percentil 85, para ello es necesario ordenar de menor a mayor los datos obtenidos experimentalmente y posteriormente encontrar el punto que equivale al 85% de los datos. Así, la posición en la cual se encuentra la velocidad a estudiar esta dada mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

V_{85} : Velocidad de operación en el percentil 85
N : Numero de Muestras de Velocidad (65)

Por tanto:

$$V_{85} = \frac{85 \times 66}{100} = 56.10$$

De acuerdo a lo anterior para cada tipo de vehículo evaluado en cada elemento, la velocidad del percentil 85 se encontrará en la posición 56 contando de menor a mayor. Ver anexo B medio digital

Una vez obtenidas tanto la velocidad de operación en el percentil 85 como la velocidad específica de diseño, para la evaluación de la consistencia vial es necesario estimar la diferencia entre velocidad específica de diseño y la velocidad en el percentil 85, y también la diferencia de velocidad en el percentil 85 entre elementos consecutivos. Esta información permite evaluar y analizar el comportamiento de los datos en cada sentido de flujo de la vía.

Las tablas No. 7 y No. 8 relacionadas a continuación, indican las diferencias mencionadas anteriormente tanto en sentido Sur – Norte (IpiALES – Pasto) como en sentido Norte – Sur (Pasto – IpiALES).

Tabla No. 7 Comparación de velocidades sentido sur - norte (IpiALES - Pasto)

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESPEC.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
1	40.00	N.E	N.E.	N.E	N.E	N.E.	N.E	N.E	N.E.	N.E	N.E
2	40.00	50.00	57.00	52.00	50.30	7.00	2.00	0.30			
3	40.00	50.00	57.00	52.00	50.30	7.00	2.00	0.30	0.00	0.00	0.00
4	40.00	45.00	55.00	52.00	43.50	10.00	7.00	-1.50	-2.00	0.00	-6.80
5	40.00	50.00	56.30	58.00	57.30	6.30	8.00	7.30	1.30	6.00	13.80
6	40.00	50.00	56.30	58.00	57.30	6.30	8.00	7.30	0.00	0.00	0.00
7	40.00	50.00	58.30	57.00	57.00	8.30	7.00	7.00	2.00	-1.00	-0.30
8	40.00	40.00	57.30	57.00	54.00	17.30	17.00	14.00	-1.00	0.00	-3.00
9	40.00	40.00	67.00	72.00	60.00	27.00	32.00	20.00	9.70	15.00	6.00
10	40.00	40.00	67.00	72.00	60.00	27.00	32.00	20.00	0.00	0.00	0.00
11	40.00	40.00	67.00	72.00	60.00	27.00	32.00	20.00	0.00	0.00	0.00
12	40.00	40.00	69.00	74.00	62.50	29.00	34.00	22.50	2.00	2.00	2.50
13	40.00	45.00	54.00	53.00	48.00	9.00	8.00	3.00	-15.00	-21.00	-14.50
14	40.00	45.00	54.00	50.00	48.00	9.00	5.00	3.00	0.00	-3.00	0.00
15	40.00	45.00	58.30	52.00	48.30	13.30	7.00	3.30	4.30	2.00	0.30
16	40.00	40.00	58.30	52.00	48.30	18.30	12.00	8.30	0.00	0.00	0.00
17	40.00	45.00	58.30	52.00	48.30	13.30	7.00	3.30	0.00	0.00	0.00
18	40.00	45.00	56.00	50.30	46.00	11.00	5.30	1.00	-2.30	-1.70	-2.30
19	40.00	45.00	64.30	55.00	56.00	19.30	10.00	11.00	8.30	4.70	10.00
20	40.00	45.00	52.00	50.00	47.00	7.00	5.00	2.00	-12.30	-5.00	-9.00
21	40.00	45.00	78.00	66.00	65.30	33.00	21.00	20.30	26.00	16.00	18.30
22	40.00	40.00	78.00	66.00	65.30	38.00	26.00	25.30	0.00	0.00	0.00
23	40.00	40.00	78.00	66.00	65.30	38.00	26.00	25.30	0.00	0.00	0.00
24	40.00	40.00	80.50	70.00	71.50	40.50	30.00	31.50	2.50	4.00	6.20
25	40.00	40.00	94.00	76.00	73.00	54.00	36.00	33.00	13.50	6.00	1.50
26	40.00	40.00	94.00	76.00	73.00	54.00	36.00	33.00	0.00	0.00	0.00
27	40.00	45.00	94.00	76.00	73.00	49.00	31.00	28.00	0.00	0.00	0.00
28	40.00	45.00	70.00	68.00	57.00	25.00	23.00	12.00	-24.00	-8.00	-16.00
29	40.00	45.00	73.00	62.00	63.30	28.00	17.00	18.30	3.00	-6.00	6.30
30	40.00	40.00	68.00	63.00	61.00	28.00	23.00	21.00	-5.00	1.00	-2.30
31	40.00	50.00	70.00	66.00	57.00	20.00	16.00	7.00	2.00	3.00	-4.00
32	40.00	50.00	69.00	68.00	60.00	19.00	18.00	10.00	-1.00	2.00	3.00
33	40.00	50.00	81.30	72.00	64.00	31.30	22.00	14.00	12.30	4.00	4.00
34	40.00	40.00	70.00	71.00	64.00	30.00	31.00	24.00	-11.30	-1.00	0.00
35	40.00	40.00	79.00	75.00	67.80	39.00	35.00	27.80	9.00	4.00	3.80
36	40.00	40.00	76.30	72.00	70.50	36.30	32.00	30.50	-2.70	-3.00	2.70
37	40.00	60.00	80.00	74.00	72.00	20.00	14.00	12.00	3.70	2.00	1.50
38	40.00	60.00	66.30	67.30	58.00	6.30	7.30	-2.00	-13.70	-6.70	-14.00
39	40.00	60.00	72.00	70.50	65.00	12.00	10.50	5.00	5.70	3.20	7.00
40	40.00	40.00	72.00	70.50	65.00	32.00	30.50	25.00	0.00	0.00	0.00
41	40.00	45.00	77.00	73.00	65.00	32.00	28.00	20.00	5.00	2.50	0.00
42	40.00	45.00	71.30	69.30	62.00	26.30	24.30	17.00	-5.70	-3.70	-3.00
43	40.00	45.00	74.00	70.00	66.30	29.00	25.00	21.30	2.70	0.70	4.30
44	40.00	40.00	74.00	70.00	66.30	34.00	30.00	26.30	0.00	0.00	0.00
45	40.00	55.00	82.50	74.00	68.00	27.50	19.00	13.00	8.50	4.00	1.70
46	40.00	55.00	72.00	64.00	62.00	17.00	9.00	7.00	-10.50	-10.00	-6.00

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESPEC.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
47	40.00	60.00	76.30	69.80	75.00	16.30	9.80	15.00	4.30	5.80	13.00
48	40.00	60.00	66.00	64.00	55.30	6.00	4.00	-4.70	-10.30	-5.80	-19.70
49	40.00	60.00	72.00	67.50	62.00	12.00	7.50	2.00	6.00	3.50	6.70
50	40.00	50.00	72.00	67.50	62.00	22.00	17.50	12.00	0.00	0.00	0.00
51	40.00	50.00	72.00	67.50	62.30	22.00	17.50	12.30	0.00	0.00	0.30
52	40.00	45.00	70.30	63.00	62.30	25.30	18.00	17.30	-1.70	-4.50	0.00
53	40.00	45.00	70.50	65.00	61.00	25.50	20.00	16.00	0.20	2.00	-1.30
54	40.00	40.00	75.00	65.00	61.50	35.00	25.00	21.50	4.50	0.00	0.50
55	40.00	50.00	68.00	66.00	64.00	18.00	16.00	14.00	-7.00	1.00	2.50
56	40.00	50.00	62.00	66.00	58.50	12.00	16.00	8.50	-6.00	0.00	-5.50
57	40.00	50.00	72.00	67.50	58.50	22.00	17.50	8.50	10.00	1.50	0.00
58	40.00	40.00	60.00	56.50	57.30	20.00	16.50	17.30	-12.00	-11.00	-1.20
59	40.00	40.00	64.00	60.30	52.00	24.00	20.30	12.00	4.00	3.80	-5.30
60	40.00	40.00	66.00	63.00	62.00	26.00	23.00	22.00	2.00	2.70	10.00
61	40.00	45.00	63.30	63.00	60.30	18.30	18.00	15.30	-2.70	0.00	-1.70
62	40.00	45.00	46.30	52.30	45.00	1.30	7.30	0.00	-17.00	-10.70	-15.30
63	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
64	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
65	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
66	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
67	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
68	40.00	40.00	58.30	69.30	49.00	18.30	29.30	9.00			
69	40.00	50.00	63.00	57.30	52.50	13.00	7.30	2.50	4.70	-12.00	3.50
70	40.00	50.00	51.30	49.00	43.00	1.30	-1.00	-7.00	-11.70	-8.30	-9.50
71	40.00	50.00	60.00	52.00	51.00	10.00	2.00	1.00	8.70	3.00	8.00
72	40.00	40.00	60.00	52.00	51.00	20.00	12.00	11.00	0.00	0.00	0.00
73	40.00	40.00	60.00	52.00	51.00	20.00	12.00	11.00	0.00	0.00	0.00
74	40.00	40.00	56.30	51.30	48.30	16.30	11.30	8.30	-3.70	-0.70	-2.70
75	40.00	45.00	59.00	56.30	50.00	14.00	11.30	5.00	2.70	5.00	1.70
76	40.00	45.00	48.30	48.30	40.00	3.30	3.30	-5.00	-10.70	-8.00	-10.00
77	40.00	50.00	66.00	63.00	57.00	16.00	13.00	7.00	17.70	14.70	17.00
78	40.00	50.00	72.30	70.00	64.00	22.30	20.00	14.00	6.30	7.00	7.00
79	40.00	50.00	77.30	67.00	66.00	27.30	17.00	16.00	5.00	-3.00	2.00
80	40.00	50.00	81.00	67.30	57.00	31.00	17.30	7.00	3.70	0.30	-9.00
81	40.00	50.00	78.30	68.30	68.00	28.30	18.30	18.00	-2.70	1.00	11.00
82	40.00	40.00	78.30	68.30	68.00	38.30	28.30	28.00	0.00	0.00	0.00
83	40.00	55.00	78.30	68.30	68.00	23.30	13.30	13.00	0.00	0.00	0.00
84	40.00	55.00	64.30	61.30	60.00	9.30	6.30	5.00	-14.00	-7.00	-8.00
85	40.00	55.00	78.30	61.30	60.30	23.30	6.30	5.30	14.00	0.00	0.30
86	40.00	40.00	78.30	61.30	60.30	38.30	21.30	20.30	0.00	0.00	0.00
87	40.00	40.00	78.30	63.00	64.30	38.30	23.00	24.30	0.00	1.70	4.00
88	40.00	40.00	72.30	63.00	64.30	32.30	23.00	24.30	-6.00	0.00	0.00
89	40.00	40.00	77.30	70.00	65.00	37.30	30.00	25.00	5.00	7.00	0.70
90	40.00	40.00	69.30	61.50	61.00	29.30	21.50	21.00	-8.00	-8.50	-4.00
91	40.00	40.00	75.00	63.30	59.00	35.00	23.30	19.00	5.70	1.80	-2.00
92	40.00	40.00	57.30	52.00	46.00	17.30	12.00	6.00	-17.70	-11.30	-13.00
93	40.00	50.00	59.00	55.00	49.00	9.00	5.00	-1.00	1.70	3.00	3.00
94	40.00	50.00	59.00	55.00	49.00	9.00	5.00	-1.00	0.00	0.00	0.00

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESPEC.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
95	40.00	50.00	63.30	60.00	53.00	13.30	10.00	3.00	4.30	5.00	4.00
96	40.00	50.00	60.00	52.30	48.00	10.00	2.30	-2.00	-3.30	-7.70	-5.00
97	40.00	50.00	81.30	67.00	65.30	31.30	17.00	15.30	21.30	14.70	17.30
98	40.00	40.00	61.00	63.30	52.00	21.00	23.30	12.00	-20.30	-3.70	-13.30
99	40.00	40.00	78.00	68.30	62.00	38.00	28.30	22.00	17.00	5.00	10.00
100	40.00	40.00	64.30	53.00	53.30	24.30	13.00	13.30	-13.70	-15.30	-8.70
101	40.00	40.00	70.30	62.30	55.30	30.30	22.30	15.30	6.00	9.30	2.00
102	40.00	40.00	70.30	62.30	55.30	30.30	22.30	15.30	0.00	0.00	0.00
103	40.00	50.00	70.30	62.30	55.30	20.30	12.30	5.30	0.00	0.00	0.00
104	40.00	50.00	57.00	54.00	53.00	7.00	4.00	3.00	-13.30	-8.30	-2.30
105	40.00	50.00	81.00	61.30	61.00	31.00	11.30	11.00	24.00	7.30	8.00
106	40.00	40.00	81.00	61.30	61.00	41.00	21.30	21.00	0.00	0.00	0.00
107	40.00	40.00	81.00	61.30	61.00	41.00	21.30	21.00	0.00	0.00	0.00
108	40.00	40.00	81.00	69.00	64.00	41.00	29.00	24.00	0.00	7.70	3.00
109	40.00	40.00	81.00	69.00	64.00	41.00	29.00	24.00	0.00	0.00	0.00
110	40.00	40.00	61.00	60.00	50.50	21.00	20.00	10.50	-20.00	-9.00	-13.50
111	40.00	50.00	65.80	60.00	59.00	15.80	10.00	9.00	4.80	0.00	8.50
112	40.00	50.00	65.80	59.30	59.00	15.80	9.30	9.00	0.00	-0.70	0.00
113	40.00	50.00	71.00	59.00	58.30	21.00	9.00	8.30	5.20	-0.30	-0.70
114	40.00	45.00	66.30	59.00	58.30	21.30	14.00	13.30	-4.70	0.00	0.00
115	40.00	50.00	75.30	75.30	65.00	25.30	25.30	15.00	9.00	16.30	6.70
116	40.00	50.00	75.00	67.00	64.30	25.00	17.00	14.30	-0.30	-8.30	-0.70
117	40.00	50.00	74.30	69.00	52.30	24.30	19.00	2.30	-0.70	2.00	-12.00
118	40.00	40.00	69.30	62.30	62.00	29.30	22.30	22.00	-5.00	-6.70	9.70
119	40.00	50.00	69.30	63.00	62.00	19.30	13.00	12.00	0.00	0.70	0.00
120	40.00	50.00	66.30	63.00	56.00	16.30	13.00	6.00	-3.00	0.00	-6.00
121	40.00	50.00	72.00	64.00	56.80	22.00	14.00	6.80	5.70	1.00	0.80
122	40.00	50.00	72.00	64.00	56.80	22.00	14.00	6.80	0.00	0.00	0.00
123	40.00	50.00	79.00	66.00	61.30	29.00	16.00	11.30	7.00	2.00	4.50
124	40.00	45.00	67.30	66.00	60.00	22.30	21.00	15.00	-11.70	0.00	-1.30
125	40.00	45.00	67.00	65.30	62.00	22.00	20.30	17.00	-0.30	-0.70	2.00
126	40.00	40.00	59.30	54.00	52.00	19.30	14.00	12.00	-7.70	-11.30	-10.00
127	40.00	55.00	70.00	62.00	58.30	15.00	7.00	3.30	10.70	8.00	6.30
128	40.00	55.00	68.00	62.00	58.30	13.00	7.00	3.30	-2.00	0.00	0.00
129	40.00	55.00	68.00	62.00	58.30	13.00	7.00	3.30	0.00	0.00	0.00
130	40.00	45.00	66.00	61.00	56.30	21.00	16.00	11.30	-2.00	-1.00	-2.00
131	40.00	45.00	66.00	61.00	56.30	21.00	16.00	11.30	0.00	0.00	0.00
132	40.00	40.00	64.00	59.30	55.50	24.00	19.30	15.50	-2.00	-1.70	-0.80
133	40.00	50.00	66.30	59.60	56.30	16.30	9.60	6.30	2.30	0.30	0.80
134	40.00	50.00	66.30	59.30	56.30	16.30	9.30	6.30	0.00	-0.30	0.00
135	40.00	60.00	70.00	66.30	61.30	10.00	6.30	1.30	3.70	7.00	5.00
136	40.00	60.00	70.00	66.30	61.30	10.00	6.30	1.30	0.00	0.00	0.00
137	40.00	60.00	77.00	68.00	63.30	17.00	8.00	3.30	7.00	1.70	2.00
138	40.00	40.00	73.30	66.00	60.30	33.30	26.00	20.30	-3.70	-2.00	-3.00
139	40.00	40.00	71.00	66.00	62.00	31.00	26.00	22.00	-2.30	0.00	1.70
140	40.00	40.00	71.00	64.30	57.30	31.00	24.30	17.30	0.00	-1.70	-4.70
141	40.00	60.00	71.00	62.00	54.00	11.00	2.00	-6.00	0.00	-2.30	-3.30
142	40.00	60.00	73.00	65.00	62.00	13.00	5.00	2.00	2.00	3.00	8.00

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESPEC.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
143	40.00	60.00	73.00	66.30	63.30	13.00	6.30	3.30	0.00	1.30	1.30
144	40.00	40.00	64.00	60.00	58.00	24.00	20.00	18.00	-9.00	-6.30	-5.30
145	40.00	40.00	72.00	63.00	59.00	32.00	23.00	19.00	8.00	3.00	1.00

Tabla No. 8 Comparación de velocidades sentido norte - sur (Pasto - Ipiales)

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESP.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
145	40.00	40.00	72.00	61.30	56.00	32.00	21.30	16.00			
144	40.00	40.00	67.00	61.00	48.00	27.00	21.00	8.00	-5.00	-0.30	-8.00
143	40.00	60.00	73.00	61.30	52.30	13.00	1.30	-7.70	6.00	0.30	4.30
142	40.00	60.00	70.00	62.30	53.00	10.00	2.30	-7.00	-3.00	1.00	0.70
141	40.00	60.00	77.00	66.00	58.00	17.00	6.00	-2.00	7.00	3.70	5.00
140	40.00	40.00	72.00	59.30	53.30	32.00	19.30	13.30	-5.00	-6.70	-4.70
139	40.00	40.00	71.30	62.00	59.00	31.30	22.00	19.00	-0.70	2.70	5.70
138	40.00	40.00	73.00	61.00	53.00	33.00	21.00	13.00	1.70	-1.00	-6.00
137	40.00	60.00	70.00	63.00	55.00	10.00	3.00	-5.00	-3.00	2.00	2.00
136	40.00	60.00	70.30	62.00	58.30	10.30	2.00	-1.70	0.30	-1.00	3.30
135	40.00	60.00	70.30	62.00	58.30	10.30	2.00	-1.70	0.00	0.00	0.00
134	40.00	50.00	68.00	59.30	54.30	18.00	9.30	4.30	-2.30	-2.70	-4.00
133	40.00	50.00	68.00	59.30	54.30	18.00	9.30	4.30	0.00	0.00	0.00
132	40.00	40.00	63.00	58.00	52.00	23.00	18.00	12.00	-5.00	-1.30	-2.30
131	40.00	45.00	69.00	62.00	54.00	24.00	17.00	9.00	6.00	4.00	2.00
130	40.00	45.00	69.00	62.00	54.00	24.00	17.00	9.00	0.00	0.00	0.00
129	40.00	55.00	69.00	62.00	54.00	14.00	7.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
128	40.00	55.00	65.30	61.30	52.50	10.30	6.30	-2.50	-3.70	-0.70	-1.50
127	40.00	55.00	61.30	59.00	51.30	6.30	4.00	-3.70	-4.00	-2.30	-1.20
126	40.00	40.00	60.00	53.30	55.00	20.00	13.30	15.00	-1.30	-5.70	3.70
125	40.00	45.00	65.30	64.30	56.00	20.30	19.30	11.00	5.30	11.00	1.00
124	40.00	45.00	70.00	64.00	53.80	25.00	19.00	8.80	4.70	-0.30	-2.20
123	40.00	50.00	77.50	73.00	65.00	27.50	23.00	15.00	7.50	9.00	11.20
122	40.00	50.00	68.30	59.00	58.30	18.30	9.00	8.30	-9.20	-14.00	-6.70
121	40.00	50.00	68.30	59.00	58.30	18.30	9.00	8.30	0.00	0.00	0.00
120	40.00	50.00	68.00	59.00	58.00	18.00	9.00	8.00	-0.30	0.00	-0.30
119	40.00	50.00	68.00	59.00	61.30	18.00	9.00	11.30	0.00	0.00	3.30
118	40.00	40.00	65.00	58.00	61.30	25.00	18.00	21.30	-3.00	-1.00	0.00
117	40.00	50.00	70.00	61.00	55.30	20.00	11.00	5.30	5.00	3.00	-6.00
116	40.00	50.00	68.00	55.00	54.30	18.00	5.00	4.30	-2.00	-6.00	-1.00
115	40.00	50.00	68.00	57.00	59.00	18.00	7.00	9.00	0.00	2.00	4.70
114	40.00	45.00	64.00	58.30	59.00	19.00	13.30	14.00	-4.00	1.30	0.00
113	40.00	50.00	62.30	58.00	51.00	12.30	8.00	1.00	-1.70	-0.30	-8.00
112	40.00	50.00	64.00	57.30	49.30	14.00	7.30	-0.70	1.70	-0.70	-1.70
111	40.00	50.00	64.00	59.00	52.00	14.00	9.00	2.00	0.00	1.70	2.70
110	40.00	40.00	63.30	59.00	52.00	23.30	19.00	12.00	-0.70	0.00	0.00
109	40.00	40.00	75.30	61.00	62.30	35.30	21.00	22.30	12.00	2.00	10.30

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESP.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
108	40.00	40.00	75.30	61.00	62.30	35.30	21.00	22.30	0.00	0.00	0.00
107	40.00	40.00	65.00	55.30	57.00	25.00	15.30	17.00	-10.30	-5.70	-5.30
106	40.00	40.00	65.00	55.30	57.00	25.00	15.30	17.00	0.00	0.00	0.00
105	40.00	50.00	65.00	55.30	57.00	15.00	5.30	7.00	0.00	0.00	0.00
104	40.00	50.00	49.00	40.00	39.00	-1.00	-10.00	-11.00	-16.00	-15.30	-18.00
103	40.00	50.00	69.30	56.00	57.00	19.30	6.00	7.00	20.30	16.00	18.00
102	40.00	40.00	69.30	56.00	57.00	29.30	16.00	17.00	0.00	0.00	0.00
101	40.00	40.00	69.30	56.00	57.00	29.30	16.00	17.00	0.00	0.00	0.00
100	40.00	40.00	68.30	55.30	50.30	28.30	15.30	10.30	-1.00	-0.70	-6.70
99	40.00	40.00	70.30	61.30	49.30	30.30	21.30	9.30	2.00	6.00	-1.00
98	40.00	40.00	68.30	60.30	54.00	28.30	20.30	14.00	-2.00	-1.00	4.70
97	40.00	50.00	69.00	62.30	55.00	19.00	12.30	5.00	0.70	2.00	1.00
96	40.00	50.00	62.30	61.00	49.00	12.30	11.00	-1.00	-6.70	-1.30	-6.00
95	40.00	50.00	61.00	56.30	58.00	11.00	6.30	8.00	-1.30	-4.70	9.00
94	40.00	50.00	64.30	61.30	49.30	14.30	11.30	-0.70	3.30	5.00	-8.70
93	40.00	50.00	68.30	61.30	54.00	18.30	11.30	4.00	4.00	0.00	4.70
92	40.00	40.00	68.30	60.30	54.00	28.30	20.30	14.00	0.00	-1.00	0.00
91	40.00	40.00	76.30	64.30	65.00	36.30	24.30	25.00	8.00	4.00	11.00
90	40.00	40.00	76.30	68.30	59.30	36.30	28.30	19.30	0.00	4.00	-5.70
89	40.00	40.00	72.00	63.00	63.30	32.00	23.00	23.30	-4.30	-5.30	4.00
88	40.00	40.00	69.00	61.00	58.30	29.00	21.00	18.30	-3.00	-2.00	-5.00
87	40.00	40.00	69.00	61.00	61.00	29.00	21.00	21.00	0.00	0.00	2.70
86	40.00	40.00	68.30	60.30	61.00	28.30	20.30	21.00	-0.70	-0.70	0.00
85	40.00	55.00	69.00	63.00	61.00	14.00	8.00	6.00	0.70	2.70	0.00
84	40.00	55.00	69.00	63.00	59.00	14.00	8.00	4.00	0.00	0.00	-2.00
83	40.00	55.00	72.00	72.30	58.00	17.00	17.30	3.00	3.00	9.30	-1.00
82	40.00	40.00	72.00	72.30	58.00	32.00	32.30	18.00	0.00	0.00	0.00
81	40.00	50.00	72.00	72.30	58.00	22.00	22.30	8.00	0.00	0.00	0.00
80	40.00	50.00	61.00	43.00	49.00	11.00	-7.00	-1.00	-11.00	-29.30	-9.00
79	40.00	50.00	68.30	60.30	56.30	18.30	10.30	6.30	7.30	17.30	7.30
78	40.00	50.00	75.00	74.30	63.00	25.00	24.30	13.00	6.70	14.00	6.70
77	40.00	50.00	57.00	56.30	52.50	7.00	6.30	2.50	-18.00	-18.00	-10.50
76	40.00	45.00	53.00	49.00	45.00	8.00	4.00	0.00	-4.00	-7.30	-7.50
75	40.00	45.00	64.50	69.30	57.00	19.50	24.30	12.00	11.50	20.30	12.00
74	40.00	40.00	49.30	50.00	43.30	9.30	10.00	3.30	-15.20	-19.30	-13.70
73	40.00	40.00	59.30	53.30	50.00	19.30	13.30	10.00	10.00	3.30	6.70
72	40.00	40.00	59.30	53.30	50.00	19.30	13.30	10.00	0.00	0.00	0.00
71	40.00	50.00	59.30	60.00	50.00	9.30	10.00	0.00	0.00	6.70	0.00
70	40.00	50.00	57.30	60.00	45.00	7.30	10.00	-5.00	-2.00	0.00	-5.00
69	40.00	50.00	75.30	63.30	55.00	25.30	13.30	5.00	18.00	3.30	10.00
68	40.00	40.00	67.30	68.00	54.00	27.30	28.00	14.00	-8.00	4.70	-1.00
67	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
66	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
65	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
64	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
63	40.00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
62	40.00	45.00	57.00	58.30	59.30	12.00	13.30	14.30			
61	40.00	45.00	71.00	70.00	65.00	26.00	25.00	20.00	14.00	11.70	5.70

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESP.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
60	40.00	40.00	70.30	70.00	64.00	30.30	30.00	24.00	-0.70	0.00	-1.00
59	40.00	40.00	69.50	65.00	56.00	29.50	25.00	16.00	-0.80	-5.00	-8.00
58	40.00	40.00	66.00	66.00	61.00	26.00	26.00	21.00	-3.50	1.00	5.00
57	40.00	50.00	70.00	69.50	59.30	20.00	19.50	9.30	4.00	3.50	-1.70
56	40.00	50.00	61.00	65.00	57.00	11.00	15.00	7.00	-9.00	-4.50	-2.30
55	40.00	50.00	70.00	67.00	63.00	20.00	17.00	13.00	9.00	2.00	6.00
54	40.00	40.00	68.50	68.50	62.00	28.50	28.50	22.00	-1.50	1.50	-1.00
53	40.00	45.00	76.30	75.00	70.00	31.30	30.00	25.00	7.80	6.50	8.00
52	40.00	45.00	69.00	59.00	55.50	24.00	14.00	10.50	-7.30	-16.00	-14.50
51	40.00	50.00	73.00	67.00	60.00	23.00	17.00	10.00	4.00	8.00	4.50
50	40.00	50.00	73.00	67.00	60.00	23.00	17.00	10.00	0.00	0.00	0.00
49	40.00	60.00	73.00	67.00	60.00	13.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	40.00	60.00	58.30	63.00	53.00	-1.70	3.00	-7.00	-14.70	-4.00	-7.00
47	40.00	60.00	81.00	75.00	71.30	21.00	15.00	11.30	22.70	12.00	18.30
46	40.00	55.00	77.00	66.80	62.30	22.00	11.80	7.30	-4.00	-8.20	-9.00
45	40.00	55.00	81.50	72.00	65.00	26.50	17.00	10.00	4.50	5.20	2.70
44	40.00	40.00	66.30	67.00	62.00	26.30	27.00	22.00	-15.20	-5.00	-3.00
43	40.00	45.00	72.00	71.30	67.00	27.00	26.30	22.00	5.70	4.30	5.00
42	40.00	45.00	72.00	71.30	67.00	27.00	26.30	22.00	0.00	0.00	0.00
41	40.00	45.00	81.30	75.00	70.50	36.30	30.00	25.50	9.30	3.70	3.50
40	40.00	40.00	78.30	72.80	62.00	38.30	32.80	22.00	-3.00	-2.20	-8.50
39	40.00	60.00	78.30	72.80	62.00	18.30	12.80	2.00	0.00	0.00	0.00
38	40.00	60.00	71.00	65.50	62.00	11.00	5.50	2.00	-7.30	-7.30	0.00
37	40.00	60.00	79.00	72.00	70.00	19.00	12.00	10.00	8.00	6.50	8.00
36	40.00	40.00	77.50	73.00	65.00	37.50	33.00	25.00	-1.50	1.00	-5.00
35	40.00	40.00	78.30	72.30	63.30	38.30	32.30	23.30	0.80	-0.70	-1.70
34	40.00	40.00	69.00	69.80	64.30	29.00	29.80	24.30	-9.30	-2.50	1.00
33	40.00	50.00	87.30	72.00	61.00	37.30	22.00	11.00	18.30	2.20	-3.30
32	40.00	50.00	70.00	66.00	62.00	20.00	16.00	12.00	-17.30	-6.00	1.00
31	40.00	50.00	79.00	68.00	65.30	29.00	18.00	15.30	9.00	2.00	3.30
30	40.00	40.00	71.00	70.00	61.00	31.00	30.00	21.00	-8.00	2.00	-4.30
29	40.00	45.00	72.30	70.00	66.00	27.30	25.00	21.00	1.30	0.00	5.00
28	40.00	45.00	75.00	70.00	62.00	30.00	25.00	17.00	2.70	0.00	-4.00
27	40.00	45.00	84.50	82.00	72.00	39.50	37.00	27.00	9.50	12.00	10.00
26	40.00	40.00	84.50	82.00	72.00	44.50	42.00	32.00	0.00	0.00	0.00
25	40.00	40.00	84.50	82.00	72.00	44.50	42.00	32.00	0.00	0.00	0.00
24	40.00	40.00	78.00	84.00	70.00	38.00	44.00	30.00	-6.50	2.00	-2.00
23	40.00	40.00	81.00	72.30	67.00	41.00	32.30	27.00	3.00	-11.70	-3.00
22	40.00	40.00	81.00	72.30	67.00	41.00	32.30	27.00	0.00	0.00	0.00
21	40.00	45.00	81.00	72.30	67.00	36.00	27.30	22.00	0.00	0.00	0.00
20	40.00	45.00	51.30	48.00	48.50	6.30	3.00	3.50	-29.70	-24.30	-18.50
19	40.00	45.00	61.00	62.00	57.00	16.00	17.00	12.00	9.70	14.00	8.50
18	40.00	45.00	55.00	52.30	49.30	10.00	7.30	4.30	-6.00	-9.70	-7.70
17	40.00	45.00	65.30	62.00	56.00	20.30	17.00	11.00	10.30	9.70	6.70
16	40.00	40.00	65.30	62.00	56.00	25.30	22.00	16.00	0.00	0.00	0.00
15	40.00	45.00	65.30	62.00	56.00	20.30	17.00	11.00	0.00	0.00	0.00
14	40.00	45.00	62.00	54.00	50.00	17.00	9.00	5.00	-3.30	-8.00	-6.00
13	40.00	45.00	59.00	52.30	53.30	14.00	7.30	8.30	-3.00	-1.70	3.30

ELEM	VEL. DISEÑO	VEL. ESP.	VEL. OPERACIÓN (V85)			DIFERENCIA V(85) Y V.E.			DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS		
			A	B	C2	A	B	C2	A	B	C2
12	40.00	40.00	67.00	64.00	62.00	27.00	24.00	22.00	8.00	11.70	8.70
11	40.00	40.00	68.50	69.00	62.00	28.50	29.00	22.00	1.50	5.00	0.00
10	40.00	40.00	68.50	69.00	62.00	28.50	29.00	22.00	0.00	0.00	0.00
9	40.00	40.00	68.50	69.00	62.00	28.50	29.00	22.00	0.00	0.00	0.00
8	40.00	40.00	61.00	62.00	56.30	21.00	22.00	16.30	-7.50	-7.00	-5.70
7	40.00	50.00	63.00	56.30	58.00	13.00	6.30	8.00	2.00	-5.70	1.70
6	40.00	50.00	62.30	56.50	57.00	12.30	6.50	7.00	-0.70	0.20	-1.00
5	40.00	50.00	62.30	56.50	57.00	12.30	6.50	7.00	0.00	0.00	0.00
4	40.00	45.00	56.00	53.00	44.80	11.00	8.00	-0.20	-6.30	-3.50	-12.20
3	40.00	50.00	60.00	53.00	50.00	10.00	3.00	0.00	4.00	0.00	5.20
2	40.00	50.00	60.00	52.00	50.00	10.00	2.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

3.4 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Con los datos obtenidos en campo, además del cálculo de la velocidad de operación en el percentil 85, se calculó también la desviación estándar de cada tipo de vehículo en cada uno de los elementos tanto en sentido sur – norte como en sentido norte – sur, y posteriormente, se determinó la desviación estándar promedio, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No. 9 Desviación estándar promedio (km/h)

SENTIDO	TIPO VEHICULO		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES
SUR - NORTE	8.50	7.22	8.27
NORTE - SUR	8.23	7.11	8.46

3.5 ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO EN ESTUDIO ENTRE LOS AÑOS 2010 Y 2015

Los problemas de accidentalidad en una vía se derivan en gran parte por deficiencias en su consistencia, por ello es relevante para el presente estudio considerar datos de accidentalidad del tramo en los últimos años, y con ello determinar la influencia de una mala consistencia vial en la ocurrencia de accidentes.

De esta manera, con el objeto de estudiar la hipótesis planteada anteriormente, se han estimado datos de accidentes desde el año 2010 hasta el presente (año 2015), los cuales fueron proporcionados por la Policía de Carreteras, tal como se muestran a continuación, en la tabla No. 10.

Tabla No. 10 Accidentalidad 2010 – 2015 K38+000 al K53+000 Vía Pasto - Ipiales

Año	fecha	Kilometro	Heridos	Muertos	Causa	Hipótesis
2010	22-mar-10	K40+500	2	0	Choque	Frenar bruscamente
2010	06-jul-10	K47+000	2	0	Choque	Superficie húmeda
2010	21-jul-10	K47+500	0	1	Caída Ocupante	Fallas mecánicas
2011	03-ene-11	K43+300	1	1	Choque	Cruzar sin observar
2011	08-feb-11	K49+100	2	0	Choque	Adelantar Invadiendo carril de sentido contrario
2011	27-feb-11	K42+900	0	2	Choque	Adelantar Invadiendo carril de sentido contrario
2011	05-mar-11	K52+300	2	1	Choque	Superficie húmeda
2011	26-mar-11	K48+000	0	1	Volcamiento	Exceso en horas de conducción
2011	10-jul-11	K38+100	1	0	Atropello	Exceso de velocidad
2012	06-ene-12	K52+000	1	0	Atropello	Cruzar sin observar
2012	27-ene-12	K46+800	1	0	Choque	Adelantar Invadiendo carril de sentido contrario
2012	20-mar-12	K46+400	1	0	Choque	Adelantar en curva
2012	02-abr-12	K44+000	0	1	Atropello	Transitar por calzada
2012	15-abr-12	K47+450	1	0	Choque	No mantener distancia de seguridad
2012	28-abr-12	K52+150	1	0	Choque	Adelantar en zona prohibida
2012	30-abr-12	K43+650	0	1	Choque	Exceso de velocidad
2012	15-may-12	K51+350	0	1	Choque	Exceso de Velocidad
2012	09-jun-12	K40+000	1	0	Atropello	Cruzar sin Observar
2012	20-sep-12	K45+415	4	0	Choque	Exceso de Velocidad
2012	10-oct-12	K46+600	6	0	Choque	Exceso de Velocidad
2013	21-mar-13	K45+800	2	0	Choque	Superficie Húmeda
2013	09-jun-13	K41+900	1	0	Choque	Adelantar Invadiendo carril de sentido contrario
2013	21-jun-13	K40+900	3	0	Choque	Embriaguez o consumo de sustancias alucinógenas
2013	09-ago-13	K40+070	2	0	Choque	Adelantar carril en sentido contrario
2013	31-oct-13	K38+500	1	0	Atropello	Cruzar sin Observar
2014	04-ene-14	K38+100	2	1	Atropello	Cruzar sin Observar
2014	08-may-14	K40+850	1	0	Choque	Embriaguez o consumo de sustancias alucinógenas
2014	20-may-14	K40+200	1	0	Choque	Adelantar por Derecha
2014	15-jun-14	K44+000	2	1	Choque	Adelantar Invadiendo carril de sentido contrario
2014	07-sep-14	K41+500	1	0	Atropello	Transitar por calzada
2014	27-oct-14	K52+200	1	0	Caída Ocupante	Otras
2014	26-nov-14	K47+500	2	0	Choque	Adelantar Invadiendo carril de sentido contrario
2014	08-nov-14	K50+500	1	0	Choque	Embriaguez o consumo de sustancias
2014	15-nov-14	K39+600	1	0	Caída Ocupante	Descender o subir del vehículo en marcha
2014	13-dic-14	K41+800	3	0	Choque	Impericia en el Manejo

Año	fecha	Kilometro	Heridos	Muertos	Causa	Hipótesis
2014	28-dic-14	K46+600	1	0	Choque	Impericia en el Manejo
2015	17-ene-15	K46+350	2	0	Choque	Superficie Húmeda
2015	02-feb-15	K48+450	1	1	Choque	Adelantar Invadiendo carril de sentido contrario
2015	08-feb-15	K41+200	1	0	Atropello	Falta de precaución por niebla, lluvia o humo
2015	29-mar-15	K43+850	3	0	Choque	Sobrecupo
2015	02-abr-15	K51+800	1	0	Choque	Exceso de velocidad

3.6 INVENTARIO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

Otro de los aspectos que influye en los índices de accidentalidad presentes en una vía y que además está íntimamente ligado con la consistencia de la misma es la señalización vial, dado que esta es una manera de informar y de alguna manera también advertir al conductor a cerca de peligros potenciales a los cuales se encuentra expuesto, además de dar a conocer las características propias de la vía sobre la cual circula y las reglamentaciones que debe tener en cuenta, por ello para efectos de la presente investigación se realizó un inventario de la señalización vial del tramo de estudio, el cual se muestra en la tabla No. 11.

Tabla No. 11 Inventario de señalización vial K38+000 al K53+000 vía Pasto - Ipiales

ELEMENTO	COSTADO (IZQ O DER)	REF	LEYENDA
E 1	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 30 Kph
	Izquierdo	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 20 Kph
	Izquierdo	REF. SP-47	Zona Escolar
	Izquierdo	REF. SR-26	Prohibido Adelantar
	Derecho	REF. SR-17	Vehículos Pesados A La Derecha
	Derecho	REF. SI-05	Información Previa De Destino
	Derecho	REF. SI-05B	Bandera
E 2	Izquierdo	REF. SI-05	Información Previa De Destino
	Derecho		Delineador De Curva
E 4	Derecho		Defensa Metálica
	Izquierdo		Delineador De Curva
E 5	Izquierdo		Defensa Metálica
	Izquierdo	REF. SP-05	Curva Y Contracurva Peligrosa Izq.-Der
E 7	Derecho	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
E 7	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 Kph
	Izquierdo	REF. SI-05	Información Previa De Destino
E 9	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Derecho	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
E 10	Derecho		Defensa Metálica
E 11	Izquierdo	REF. SI-05	Información Previa De Destino
E 12	Derecho	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe

ELEMENTO	COSTADO (IZQ O DER)	REF	LEYENDA
E 15	Izquierdo	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
E 17	Derecho	REF. SP-01	Curva Peligrosa A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
E 18	Derecho		Delineador De Curva
	Derecho		Defensa Metálica
E 19	Derecho	REF. SP-46	Peatones En La Vía
	Izquierdo	REF. SP-02	Curva Peligrosa A La Derecha
E 20	Izquierdo		Delineador De Curva
	Izquierdo		Defensa Metálica
E21	Izquierdo	REF. SP-01	Curva Peligrosa A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 20 KPH
	Izquierdo	REF. SP-46	Peatones En La Vía
	Izquierdo	REF. SP-47	Zona Escolar
	Izquierdo	REF. SR-26	Prohibido Adelantar
E22	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Izquierdo	REF. SP-46	Peatones En La Vía
E23	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima
	Derecho	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
E24	Derecho	REF. SP-22	Incorporación De Transito Derecha
	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E 27	Izquierdo	REF. SP-16	Bifurcación A La Izquierda
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Derecho	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
E28	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
	Derecho		Delineador De Curva
E29	Derecho		Defensa Metálica
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 20 KPH
	Derecho	REF. SI-19	Teléfono
	Izquierdo	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
	Derecho	REF. SP-47	Zona Escolar
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 30 KPH
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E30	Derecho	REF. SP-46	Peatones En La Vía
	Derecho	REF. SP-08	Curva Sucesivas Primera Derecha
E31	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 30 KPH
	Izquierdo	REF. SP-47	Zona Escolar
E32	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima
	Derecho	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
E33	Derecho		Defensa Metálica
	Izquierdo	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
E35	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E41	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
	Derecho	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der
E43	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E 45	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
	Derecho	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der
E47	Derecho		Teléfono De Emergencia
	Derecho	REF. SP-10	Curva Y Contracurva Pronunciada Der-Izq.

ELEMENTO	COSTADO (IZQ O DER)	REF	LEYENDA
E51	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
	Izquierdo	REF. SP-10	Curva Y Contracurva Pronunciada Der-Izq.
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 Kph
E53	Derecho	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
E54	Izquierdo		Delineador De Curva
E55	Izquierdo	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
	Derecho	REF. SP-10	Curva Y Contracurva Pronunciada Der-Izq.
	Izquierdo	REF. SI-23	Montallantas
E56	Izquierdo		Delineador De Curva
E57	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E58	Derecho		Delineador De Curva
E59	Derecho	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SP-10	Curva Y Contracurva Pronunciada Der-Izq.
E60	Derecho		Defensa Metálica
E62	Derecho		Defensa Metálica
E68	Izquierdo	REF. SP-02	Curva Peligrosa A La Derecha
	Derecho		Defensa Metálica
E69	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Izquierdo	REF. SR-26	Prohibido Adelantar
	Derecho	REF. SP-10	Curva Y Contracurva Pronunciada Der-Izq.
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 30 KPH
E73	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Izquierdo	REF. SP-10	Curva Y Contracurva Pronunciada Der-Izq.
	Derecho	REF. SP-02	Curva Peligrosa A La Derecha
	Derecho	REF. SP-36	Puente Angosto
E74	Izquierdo		Delineador De Curva
E77	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Derecho	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E79	Derecho	REF. SI-06	Confirmativa De Destino (Inf. De Kilometraje)
	Izquierdo	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
	Derecho	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
E83	Derecho	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der
	Izquierdo	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
E85	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E86	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 30 KPH
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E89	Derecho	REF. SP-17	Bifurcación A La Derecha
	Izquierdo	REF. SP-08	Curva Sucesivas Primera Derecha
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Derecho	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der
	Izquierdo	REF. SR-06	Prohibido Girar A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SP-21	Incorporación De Transito A La Izquierda
E93	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Derecho	REF. SP-05	Curva Y Contracurva Peligrosa Izq.-Der
E94	Derecho		Delineador De Curva
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH

ELEMENTO	COSTADO (IZQ O DER)	REF	LEYENDA
E95	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
E97	Derecho	REF. SP-46	Peatones En La Vía
	Izquierdo	REF. SP-05	Curva Y Contracurva Peligrosa Izq.-Der
E98			Defensa Metálica
E99	Derecho	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SP-17	Bifurcación A La Derecha
	Izquierdo	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
	Derecho	REF. SI-22	Estación De Servicio
E101	Derecho		Teléfono De Emergencia
	Izquierdo	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E 103	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E 103	Derecho	REF. SP 01	Curva Peligrosa A La Izquierda
E104	Derecho		Delineador De Curva
E105	Izquierdo	REF. SP-02	Curva Peligrosa A La Derecha
E110	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
E111	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
	Derecho	REF. SP-06	Curva Y Contracurva Peligrosa Der-Izq.
	Derecho	REF. SI-23	Montallantas
E112	Izquierdo		Delineador De Curva
E113	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E114	Derecho		Delineador De Curva
E115	Izquierdo	REF. SP-06	Curva Y Contracurva Peligrosa Der-Izq.
E117	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E119	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Derecho	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
E122	Derecho		Defensa Metálica
E123	Izquierdo	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der
E124	Derecho		Defensa Metálica
E 125	Izquierdo	REF. SI-22	Estación De Servicio
	Derecho	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
	Izquierdo	REF. SP-08	Curva Sucesivas Primera Derecha
E 127	Derecho	REF. SP-67	Riesgo De Accidente
	Derecho	REF. SP-02	Curva Peligrosa A La Derecha
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E128	Izquierdo		Delineador De Curva
E 129	Izquierdo	REF. SP-01	Curva Peligrosa A La Izquierda
	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E 131	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Izquierdo	REF. SP-04	Curva Pronunciada A La Derecha
E 133	Derecho	REF. SP-09	Curva Y contra curva Pronunciada Izq.-Der
E 134	Derecho		Delineador De Curva
	Derecho		Defensa Metálica
E 135	Izquierdo	REF. SP-10	Curva Y Contra curva Pronunciada Der-Izq.
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Derecho		Defensa Metálica
E 137	Derecho	REF. SP-03	Curva Pronunciada A La Izquierda
E 138	Derecho		Delineador De Curva
	Derecho		Defensa Metálica
E139	Derecho	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Izquierdo	REF. SP-10	Curva Y Contra curva Pronunciada Der-Izq.

ELEMENTO	COSTADO (IZQ O DER)	REF	LEYENDA
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
	Derecho		Teléfono De Emergencia
E 141	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 50 KPH
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 60 KPH
E 143	Izquierdo	REF. SP-09	Curva Y Contra curva Pronunciada Izq.-Der
	Derecho	REF. SP-01	Curva Peligrosa A La Izquierda
	Izquierdo	REF. SP-42	Zona De Derrumbe
E 144	Derecho		Delineador De Curva
	Derecho		Defensa Metálica
E 145	Derecho	REF. SR-26	Prohibido Adelantar
	Derecho	REF. SP 47	Zona Escolar
	Izquierdo	REF. SP-02	Curva Peligrosa A La Derecha
	Derecho	REF. SR-30	Velocidad Máxima 20 KPH
	Izquierdo	REF. SR-30	Velocidad Máxima 20 KPH
	Izquierdo	REF. SP-47	Zona Escolar
	Izquierdo	REF. SR-26	Prohibido Adelantar
	Derecho	REF. SP-09	Curva Y Contracurva Pronunciada Izq.-Der

4. ANÁLISIS DE DATOS

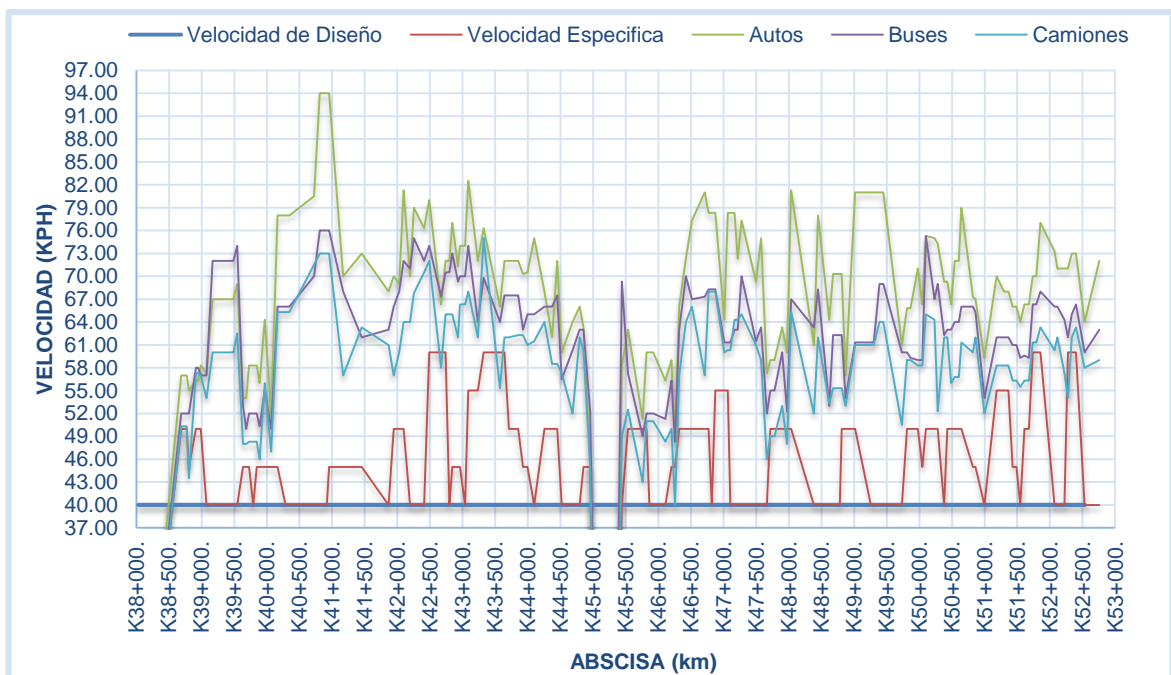
4.1 EVALUACIÓN PRIMER CRITERIO DE LAMM

La evaluación de la Consistencia Vial a partir del Primer Criterio de Lamm se basa en la diferencia existente entre la velocidad de operación y la velocidad específica de diseño para cada elemento, de esta manera, la consistencia se calificará como buena si esta diferencia es menor o igual a 10 km/h, regular si esta se encuentra en el rango entre 10 km/h y 20 km/h, y finalmente la consistencia será mala si la diferencia es superior a 20 km/h.

A pesar que la velocidad específica de diseño será única para cada elemento, la velocidad de operación varía dependiendo del sentido en el cual circule el vehículo, esto debido al diseño vertical de la vía, por consiguiente la evaluación de consistencia debe realizarse tanto para el sentido Sur – Norte (Ipiales – Pasto) como para sentido Norte – Sur (Pasto – Ipiales). Ver anexo C. Medio digital

4.1.1 Evaluación sentido sur – norte. Con los datos de velocidad de velocidad de diseño, velocidad específica y velocidad de operación consignadas en la Tabla No. 7, se elabora un perfil de velocidad (Ver gráfica No. 1) con el objeto de observar el comportamiento de los datos y de esta manera establecer puntos de comparación entre las diferentes velocidades.

Gráfica No. 1 Perfil de velocidades sentido sur - norte



En la gráfica anterior (Ver gráfica No.1) es factible observar que las velocidades de operación de automóviles, buses y camiones se encuentran en gran mayoría por encima de la velocidad específica de diseño, así mismo, se observa que las velocidades de automóviles a lo largo de todo el tramo estudiado son mayores a las velocidades de operación de buses y estas a su vez mayores a las de camiones.

De lo anterior se deduce que los automóviles desarrollan velocidades superiores a las velocidades para las cuales ha sido diseñada la vía, y por consiguiente esta no satisface las expectativas de sus usuarios.

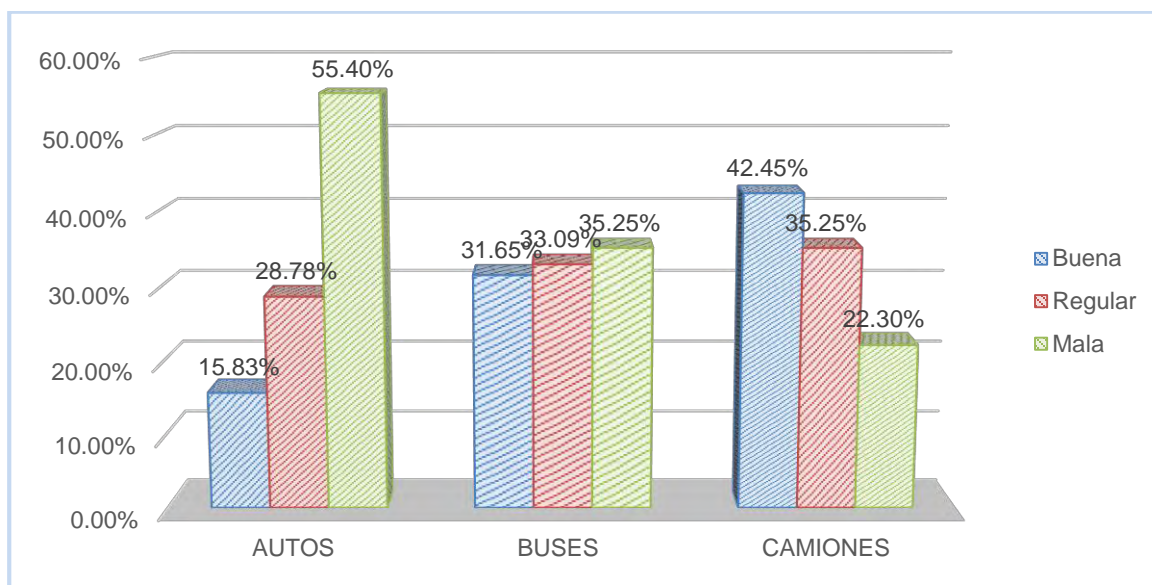
En este punto, luego de observar la gráfica, cabe resaltar que mientras las líneas que corresponden a la velocidad de operación de automóviles y buses se mantienen en su totalidad por encima de la velocidad específica de diseño, la línea que representa la velocidad de operación de camiones además de ser la más cercana a la línea de velocidad específica, tiene puntos por debajo de esta última, tal es el caso de los elementos "E4", "E39", "E48", "E76", "E94", "E96" y "E141"; esto puede explicarse considerando que generalmente los camiones viajan con carga, lo cual les impide desarrollar velocidades altas.

Ahora, con las velocidades anteriormente mencionadas, y además una vez calculada la diferencia entre estas y la velocidad específica de diseño por tipo de vehículo estudiado en cada elemento, tal como puede observarse también en la Tabla No. 7, se califica la consistencia de cada elemento para el sentido de flujo Sur - Norte, cuyos resultados se muestran a continuación, en la tabla No.12 y gráfica No.2.

Tabla No. 12 Evaluación consistencia vial según primer criterio de Lamm sentido sur - norte

CONSISTENCIA	AUTOS		BUSES		CAMIONES	
	Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%
Buena	22.00	15.83	44.00	31.65	59.00	42.45
Regular	40.00	28.78	46.00	33.09	49.00	35.25
Mala	77.00	55.40	49.00	35.25	31.00	22.30
Total	139.00	100.00	139.00	100.00	139.00	100.00

Gráfica No. 2 Resultados de evaluación primer criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido sur - norte



La gráfica No.2 muestra que para automóviles en el 55.40% correspondiente a 77 elementos, la consistencia se califica como “Mala”, el 28.78% correspondiente a 40 elementos tiene una consistencia “Regular” y solo el 15.83% correspondiente a 22 elementos, que no representan ni la quinta parte del total de elementos evaluados, tienen una consistencia calificada como “Buena”. De esto se puede afirmar que los automóviles, por ser vehículos pequeños y más livianos en comparación con buses y camiones, tienden a desarrollar altas velocidades que superan ampliamente tanto la velocidad específica como la velocidad de diseño y por consiguiente su consistencia tenderá a ser mala.

Para autobuses, las estadísticas se muestran una consistencia más uniforme, teniendo el 31.65% de los elementos con buena consistencia, el 33.09% con consistencia “Regular” y el 35.25% correspondiente a 49 elementos con una consistencia “Mala”. Este tipo de vehículos tiende a desarrollar mayor velocidad que los camiones, pero pese a su tamaño y su carga no alcanzan velocidades altas como en el caso de los automóviles, por ello a pesar de mostrar una consistencia uniforme, el porcentaje de mala consistencia aún es alto, además de reunir a la mayoría de los elementos evaluados.

El panorama cambia al hablar de camiones de dos ejes, ya que en la mayoría de los elementos la consistencia es evaluada como “Buena” no obstante esta no es superior al 50%. Cabe recalcar que en su mayoría los camiones de dos ejes viajan con grandes cargas, lo que les permite desarrollar velocidades bajas que se encuentran cercanas a la velocidad específica, por ello en este tipo de vehículos se

obtiene un porcentaje de consistencia “Buena” más amplio en comparación con buses y especialmente con automóviles.

Ahora, al realizar una comparación entre la evaluación de la consistencia según el primer criterio de Lamm y el perfil de velocidad obtenido (Ver Gráfica No. 1) se evidencia la relación existente entre la amplia diferencia de velocidad de automóviles con la velocidad específica y evaluación de mala consistencia, y también la escasa diferencia en el caso de camiones y su evaluación de buena consistencia.

Por otra parte, el Código de Tránsito Colombiano establece como velocidad reglamentaria 80 km/h, no obstante en el trabajo de campo se encontraron velocidades de operación superiores, especialmente en automóviles, tal es el caso de los elementos “E24”, “E25”, “E26”, “E27”, “E33”, “E37”, “E45”, “E80”, “E97”, “E105”, “E106”, “E107”, “E108” y “E109”.

De los 14 elementos anteriormente nombrados, 5 son curvas, correspondientes al 35.7% y el 64.3% restante corresponde a 9 rectas, ahora al revisar planos y registro fotográfico de estos elementos, las curvas “E24” y “E26” tienen radios grandes, de 268.64 m y 387.52m respectivamente, lo que genera que al entrar el vehículo desde el elemento “E24” al “E27” no las considere como curvas y transite como si se encontrase en una recta de 445.34m de longitud, correspondiente a la suma de las longitudes de estos cuatro elementos, tal como se muestra en la figura No.7.

Figura No. 7 Elementos con velocidades de operación superior a 80 km/h



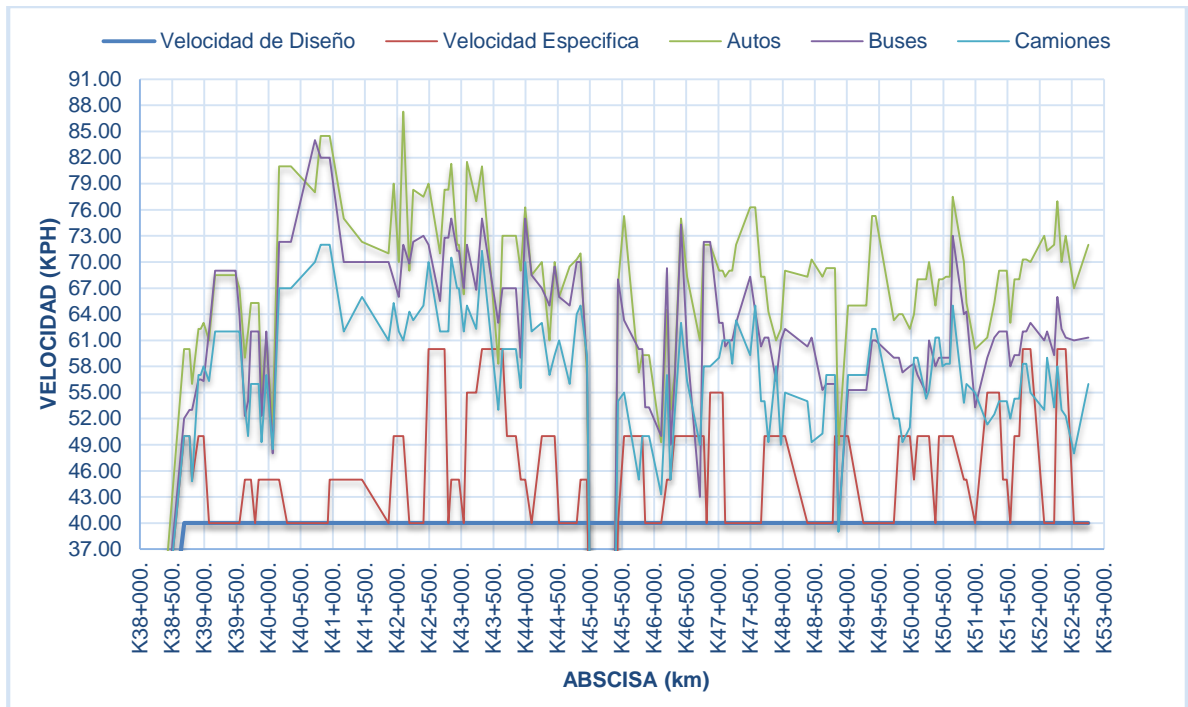
Lo mismo sucede en el caso de los elementos “E105”, “E106”, “E107”, “E108” y “E109”.

Los elementos “E33”, “E37”, “E45” y “E97” corresponden a rectas de amplia longitud, la mayor de ellas es de 346.67 m, en el caso del elemento “E80”, proviene de una recta larga en la cual se ha desarrollado una velocidad cercana a los 80 km/h.

Además, cabe recalcar que los elementos anteriormente nombrados poseen una pendiente negativa, lo que supone que el vehículo va en descenso y por consiguiente esto contribuye a que su velocidad aumente en gran medida.

4.1.2 Evaluación sentido norte – sur. Al igual que en la evaluación realizada en el sentido Sur - Norte, en el sentido Norte - Sur también se elabora un perfil de velocidad (Ver gráfica No.3) que contribuya a observar el comportamiento de los datos de velocidad mostrados en la Tabla No. 8.

Gráfica No. 3 Perfil de velocidades sentido norte - sur



De igual manera, en el perfil de velocidades obtenido para el sentido Norte - Sur, se tiene que las velocidades de operación de automóviles, buses y camiones se encuentran sobre la velocidad específica de diseño, tal como sucedió en el sentido Sur - Norte, así mismo, las velocidades de automóviles son superiores a las velocidades de buses y estas a su vez mayores a las de camiones.

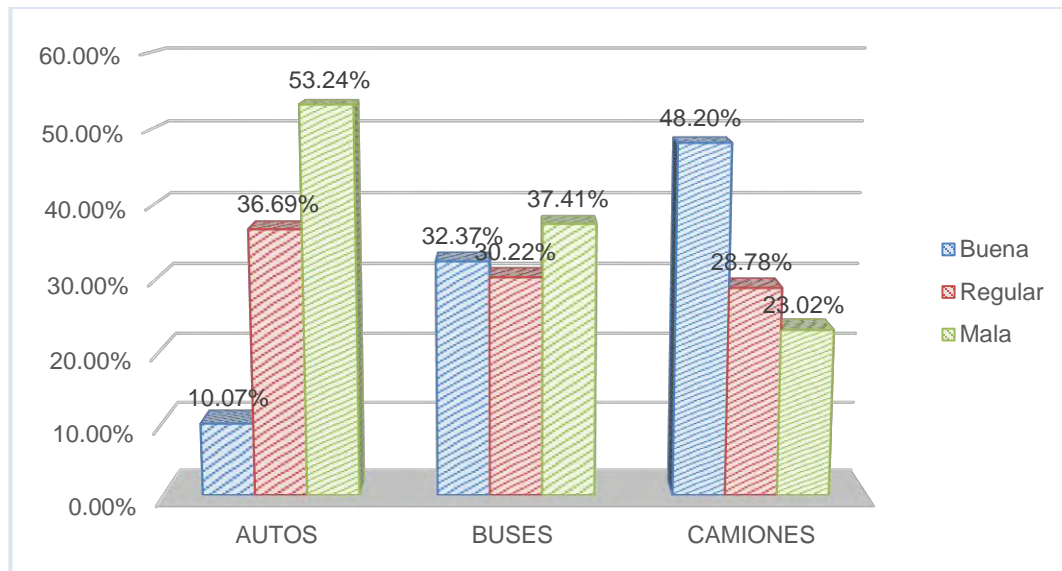
En la gráfica es posible observar que las velocidades de operación de automóviles se encuentran en su totalidad por encima de las velocidades específica y de diseño, no obstante en el caso de los buses, los elementos “E80” y “E104” tienen velocidades que no alcanzan el valor de la velocidad específica. De igual manera, para camiones los elementos “E4”, “E48”, “E70”, “E96”, “E94”, “E104”, “E112”, “E127”, “E137”, y “E143”. En estos casos, las bajas velocidades se ven influenciadas tanto por la carga de este tipo de vehículos como de la pendiente del elemento

Ahora, una vez calculada la diferencia entre estas y la velocidad específica de diseño por tipo de vehículo estudiado en cada elemento, tal como puede observarse en la Tabla No. 8, se califica la consistencia de cada elemento para el sentido de flujo Norte - Sur, obteniéndose lo indicado en la tabla No. 13 y posterior gráfica No.4.

Tabla No. 13 Evaluación consistencia vial según primer criterio de Lamm sentido norte - sur

CONSISTENCIA	AUTOS		BUSES		CAMIONES	
	Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%
Buena	14.00	10.07	45.00	32.37	67.00	48.20
Regular	51.00	36.69	42.00	30.22	40.00	28.78
Mala	74.00	53.24	52.00	37.41	32.00	23.02
Total	139.00	100.00	139.00	100.00	139.00	100.00

Gráfica No. 4 Resultados de evaluación primer criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido norte – sur



Las estadísticas se muestran muy similares a las obtenidas para la evaluación de la consistencia en el sentido Sur - Norte. Al observar la gráfica No. 4, se tiene que para automóviles el 53.24% correspondiente a 74 elementos tiene una mala consistencia, el 36.69% correspondiente a 51 elementos tiene una consistencia regular y solo el 10.07% restante correspondiente a 14 elementos tiene buena consistencia.

En el caso de buses, al igual que la evaluación en sentido Sur - Norte, las estadísticas se muestran una consistencia más uniforme, teniendo el 32.37% de los elementos con buena consistencia, el 30.2% con consistencia "Regular" y el 37.41% correspondiente a 52 elementos con una consistencia "Mala".

Igualmente, para la evaluación de consistencia para camiones de dos ejes, la mayoría de los elementos la consistencia es evaluada como “Buena” no obstante esta no es superior al 50%.

En este caso también se encuentran elementos cuya velocidad de operación supera la velocidad reglamentaria de 80 km/h, estos son: “E21”, “E22”, “E23”, “E25”, “E26”, “E27”, “E33”, “E41”, “E45” y “E47”. De estos 10 elementos, el 80% son rectas y el 20% restante son curvas.

Como se puede observar coinciden los elementos “E25”, “E26”, “E27”, “E33” y “E45” respecto a las velocidades desarrolladas en el sentido Norte – Sur. Así, desde el elemento “E25” al “E27” se presenta la situación ya mencionada anteriormente, en la cual los vehículos asumen el conjunto de elementos como una sola recta debido al amplio radio de las curvas y por ello tienden a aumentar su velocidad de operación.

De igual manera, los elementos “E33”, “E41”, “E45” y “E47” corresponden a rectas de gran longitud, y tal como se observa, los vehículos tienden a aumentar su velocidad a medida que circulan en rectas.

4.2 EVALUACIÓN SEGUNDO CRITERIO DE LAMM

La evaluación de la consistencia por el segundo criterio de Lamm considera la diferencia de velocidad de un elemento determinado y la velocidad del elemento inmediatamente anterior a este.

Según este criterio, si la diferencia en valor absoluto de velocidad de operación del elemento a evaluar y la velocidad de operación del elemento inmediatamente anterior a él para cada tipo de vehículo estudiado es menor o igual a 10 km/h, este elemento tiene una buena consistencia, si esta diferencia se encuentra entre 10 km/h y 20 km/h su consistencia será regular y finalmente cuando esta diferencia es superior a 20 km/h la consistencia se evaluara como mala.

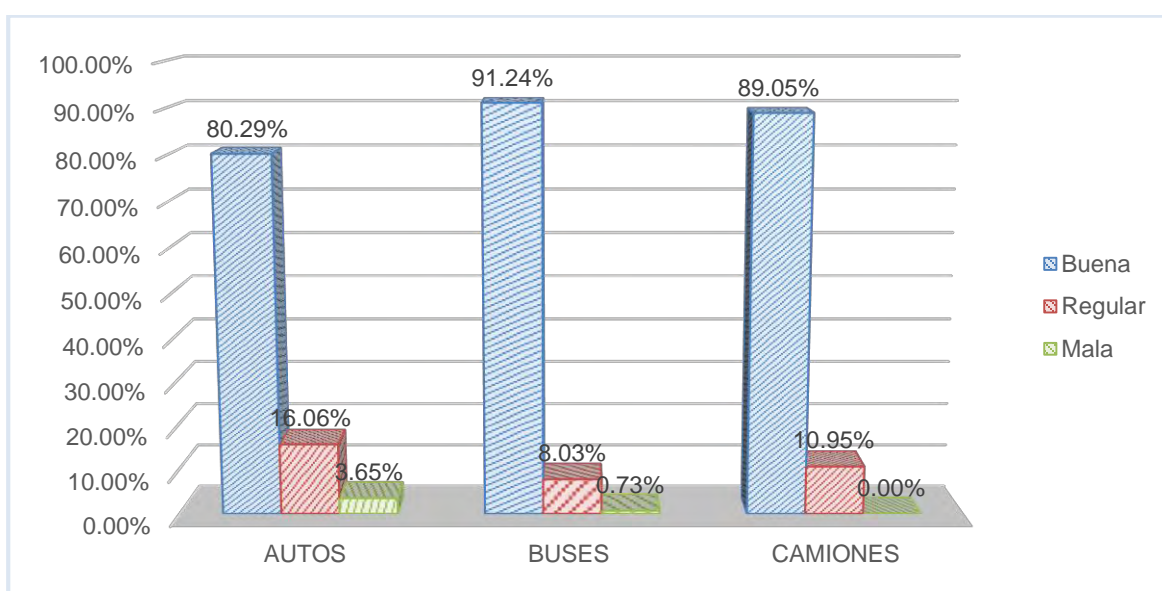
Al igual que en la valoración del Primer Criterio de Lamm, para este criterio se considerará la evaluación en los dos sentidos del flujo vehicular. Ver anexo C. Medio digital

4.2.2 Evaluación sentido sur – norte. La diferencia de las velocidades de operación de elementos consecutivos se encuentra consignada en la Tabla No. 7 y a partir de ella se calificó la consistencia como buena, regular o mala, obteniéndose lo indicado en la tabla No. 14 y posterior gráfica No.5.

Tabla No. 14 Evaluación consistencia vial según segundo criterio de Lamm sentido sur - norte

CONSISTENCIA	AUTOS		BUSES		CAMIONES	
	Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%
Buena	110.00	80.29	125.00	91.24	122.00	89.05
Regular	22.00	16.06	11.00	8.03	15.00	10.95
Mala	5.00	3.65	1.00	0.73	0.00	0.00
Total	137.00	100.00	137.00	100.00	137.00	100.00

Gráfica No. 5 Resultados de evaluación segundo criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido sur - norte



De acuerdo a las estadísticas indicadas anteriormente, la evaluación por el segundo criterio de Lamm en el sentido Sur - Norte muestra una consistencia más uniforme para los tres tipos de vehículos estudiados en comparación con el primer criterio de Lamm.

En este caso los resultados son más alentadores, pues los porcentajes de buena consistencia superan el 80% del total de elementos evaluados, en el caso de buses supera el 90% y los camiones casi alcanzan este porcentaje, no obstante, es factible observar que para autos se presenta una mayor cantidad de elementos con regular y mala consistencia, sin embargo, esta diferencia es considerablemente menor en comparación con lo obtenido en la evaluación hecha con el primer criterio de Lamm.

A continuación, en la tabla No. 15, se muestran los elementos que fueron evaluados con regular y mala consistencia, indicando además la diferencia de velocidad calculada.

Tabla No. 15 Elementos con consistencia regular y mala según el segundo criterio de Lamm sentido sur - norte

ELEM.	ABSCISA		TIPO DE ELEMENTO	RADIO (M)	LONG. (M)	DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS
	INICIAL	FINAL				
13	K39+633.68	K39+681.78	Recta		48.10	-21.00
20	K40+065.51	K40+165.51	Curva	51.38	100.00	-12.30
21	K40+165.51	K40+288.98	Recta		123.47	26.00
25	K40+811.3	K40+921.65	Recta		110.35	13.50
28	K41+168.31	K41+451.69	Curva	160.00	283.38	-24.00
33	K42+097.46	K42+192.63	Recta		95.17	12.30
34	K42+192.63	K42+252.6	Curva	135.83	59.97	-11.30
38	K42+669.94	K42+739.52	Curva	103.90	69.58	-14.00
46	K43+233.67	K43+321.1	Curva	315.02	87.43	-10.50
48	K43+573.87	K43+642.46	Curva	100.44	68.58	-19.70
58	K44+520.61	K44+684.86	Curva	160.19	164.25	-12.00
62	K44+956.86	K45+056.13	Curva	118.77	99.27	-17.00
70	K45+760.72	K45+818.12	Curva	69.74	57.40	-11.70
76	K46+256.14	K46+318.64	Curva	151.84	62.50	-10.70
77	K46+318.64	K46+419.7	Recta		101.06	17.70
84	K47+010.35	K47+063.74	Curva	90.32	53.39	-14.00
85	K47+063.74	K47+104.79	Recta		41.05	14.00
92	K47+662.02	K47+718.19	Curva	114.92	56.16	-17.70
97	K48+036.86	K48+383.53	Recta		346.67	21.30
98	K48+383.53	K48+448.7	Curva	109.28	65.16	-20.30
99	K48+448.7	K48+619.02	Recta		170.33	17.00
100	K48+619.02	K48+679.39	Curva	100.59	60.37	-15.30
104	K48+868.61	K49+016.96	Curva	87.82	148.35	-13.30
105	K49+016.96	K49+258.16	Recta		241.21	24.00
110	K49+732.05	K49+808.63	Curva	75.52	76.58	-20.00
124	K50+820.55	K50+858.66	Curva	85.06	38.11	-11.70
127	K51+184.41	K51+294.51	Recta		110.10	10.70

En la tabla anterior (Ver tabla No. 15), se presenta un total de 27 elementos evaluados entre regular y mala consistencia, de los cuales el 63% correspondiente a 17 elementos son curvas y el 37% restante corresponde a 10 rectas.

Como se puede observar, todas las curvas presentan una diferencia de velocidad “negativa” lo que significa que los vehículos han tenido que reducir su velocidad en el momento de entrar en el elemento, lo contrario ocurre con las rectas, las cuales poseen una diferencia de velocidad positiva lo cual quiere decir que al momento de salir de una curva los vehículos tienden a aumentar su velocidad.

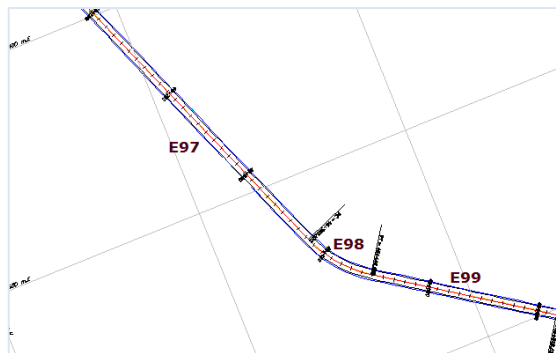
De la tabla anterior, es posible establecer puntos o elementos críticos, que son aquellos en los cuales se presenta la mayor diferencia de velocidades considerando su valor absoluto, así, los elementos críticos serían “E28” y “E105” que corresponden a una curva y una tangente, respectivamente, ambos con diferencia

de velocidad de 24 km/h. Seguido se encuentran los elementos “E97”, “E98” y “E110” con diferencias de 21.30 km/h, -20.30 km/h y -20.00 km/h respectivamente.

En las rectas se presenta algo excepcional en el elemento “E13” el cual presenta una diferencia negativa, al remitirse a planos se evidencia que esta corresponde a una recta corta de 48.10m de longitud, el elemento anterior es una curva con radio amplio de 238.34m y el elemento posterior es una curva de radio reducido: 61.78m, así, al salir el vehículo de la recta el conductor se ve obligado a reducir su velocidad hasta en 21 km/h, ocasionándole inseguridad y aumentando un riesgo de accidente.

Por su parte, los elementos “E97”, “E98” y “E99”, son elementos consecutivos que presentan una amplia diferencia entre sus velocidades de operación (Ver figura no. 8), lo cual indica que el vehículo al entrar al elemento “E97” que es una recta, aumenta su velocidad en 21.30 km/h, al salir de este elemento se encuentra con la curva “E98” en la cual se ve en la necesidad de disminuir su velocidad en 20.30 km/h, finalmente al salir de este elemento el vehículo entra en la recta “E99” en la cual aumenta nuevamente su velocidad en hasta 17 km/h. Por lo anterior el tramo conformado por estos tres elementos se convierte en el más crítico del trayecto evaluado.

Figura No. 8 Tramo crítico según segundo criterio de Lamm sentido sur - norte

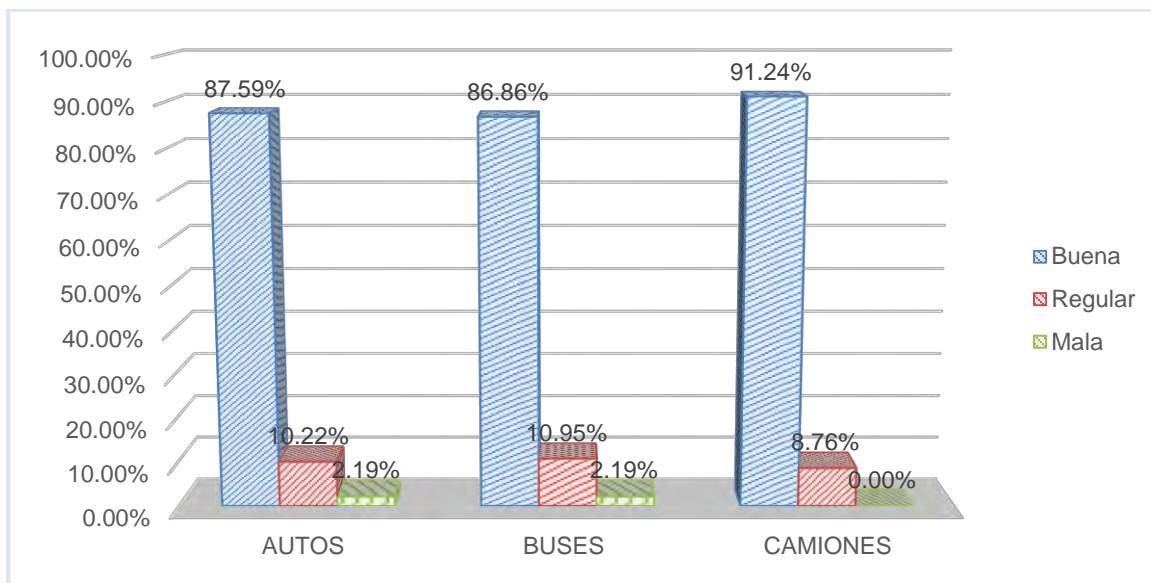


4.2.2 Evaluación sentido norte – sur. La diferencia de las velocidades de operación de elementos consecutivos se encuentra consignada en Tabla No. 8 y a partir de ella se calificó la consistencia como buena, regular o mala, obteniéndose los datos indicados en la tabla No. 16 y gráfica No.6.

Tabla No. 16 Evaluación consistencia vial según segundo criterio de Lamm sentido norte – sur

CONSISTENCIA	AUTOS		BUSES		CAMIONES	
	Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%
Buena	120.00	87.59	119.00	86.86	125.00	91.24
Regular	14.00	10.22	15.00	10.95	12.00	8.76
Mala	3.00	2.19	3.00	2.19	0.00	0.00
Total	137.00	100.00	137.00	100.00	137.00	100.00

Gráfica No. 6 Resultados de evaluación segundo criterio de Lamm por tipo de vehículo sentido norte - sur



Al igual que el sentido Sur – Norte para la evaluación del segundo criterio de Lamm en sentido Norte – sur las estadísticas muestran una consistencia uniforme para los tres tipos de vehículos estudiados, lo cual difiere considerablemente con la consistencia realizada en base al primer criterio de Lamm.

En este sentido, los porcentajes de buena consistencia superan el 85% de los elementos, pero al igual que el sentido Sur – Norte, los autos aún mantienen porcentajes de consistencia regular o mala superiores en comparación buses y camiones de dos ejes.

A continuación, en la tabla No.17, se muestran los elementos que fueron evaluados con regular y mala consistencia, indicando además la diferencia de velocidad calculada.

Tabla No. 17 Elementos con consistencia regular y mala según el segundo criterio de Lamm sentido norte - sur

ELEM.	ABSCISA		TIPO DE ELEMENTO	RADIO (M)	LONG. (M)	DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS
	INICIAL	FINAL				
109	K49+447.53	K49+732.05	Recta		284.52	12.00
107	K49+300.93	K49+390.5	Recta		89.57	-10.30
104	K48+868.61	K49+016.96	Curva	87.82	148.35	-18.00
103	K48+812.55	K48+868.61	Recta		56.05	20.30
80	K46+712.41	K46+770.15	Curva	207.24	57.74	-29.30

ELEM.	ABSCISA		TIPO DE ELEMENTO	RADIO (M)	LONG. (M)	DIFERENCIA VEL. DE ELEM. CONSECUTIVOS
	INICIAL	FINAL				
77	K46+318.64	K46+419.7	Recta		101.06	-18.00
75	K46+199.72	K46+256.14	Recta		56.41	12.00
74	K46+108.29	K46+199.72	Curva	57.79	91.44	-19.30
69	K45+532.79	K45+760.72	Recta		227.93	18.00
61	K44+854.71	K44+956.86	Recta		102.15	14.00
48	K43+573.87	K43+642.46	Curva	100.44	68.58	-14.70
47	K43+321.1	K43+573.87	Recta		252.78	22.70
44	K43+038.5	K43+089.05	Curva	185.34	50.55	-15.20
33	K42+097.46	K42+192.63	Recta		95.17	18.30
32	K42+027.52	K42+097.46	Curva	128.83	69.94	-17.30
20	K40+065.51	K40+165.51	Curva	51.38	100.00	-29.70
17	K39+843.8	K39+889.23	Recta		45.43	10.30

En la tabla anterior se tiene un total de 17 elementos evaluados con una consistencia entre regular y mala, de ellos el 42% son curvas y el 58% restante corresponde a 10 curvas.

Igualmente, todas las curvas presentan una diferencia de velocidad negativa, indicando que al entrar al elemento, los conductores se ven en la necesidad de reducir su velocidad.

De la tabla No. 17 es posible establecer como puntos críticos los elementos “E20” y “E80” con diferencias de velocidad de -29.70 km/h y -29.30 km/h respectivamente, así, al observar el primero de estos elementos, se puede apreciar que éste tiene un radio pequeño y gran longitud, mientras el segundo es corto pero tiene un radio muy amplio, además los elementos anteriores a estas curvas son rectas de gran longitud.

Finalmente, se observa que para el segundo criterio de Lamm tanto en el sentido Sur – Norte como en el sentido Norte – Sur los elementos “E20”, “E48”, “E77” y “E104” coinciden, por consiguiente estos también pueden ser considerados puntos críticos dentro del trazado evaluado, dado que no muestran una consistencia adecuada en ninguno de los dos sentidos de flujo, ocasionando que en este punto los vehículos sean propensos a accidentes.

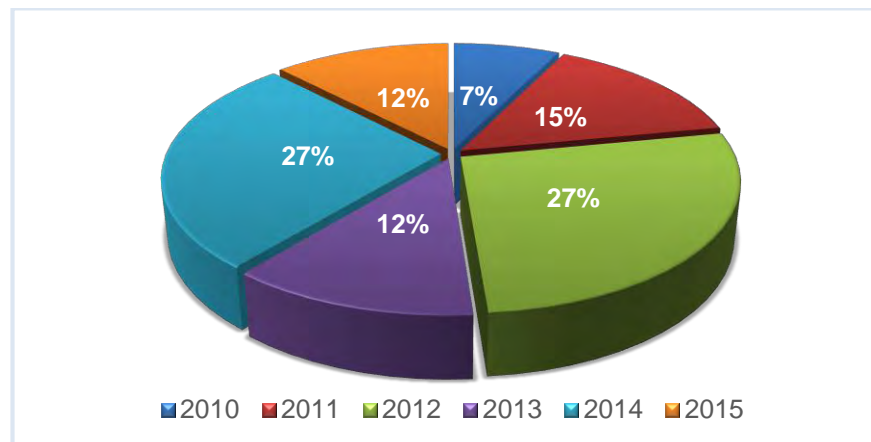
4.3 EVALUACIÓN DE ACCIDENTALIDAD

Con el objeto de analizar la incidencia que ha tenido la consistencia vial en la accidentalidad de los últimos años, se ha recopilado información acerca del tipo de accidente, sus posibles causas y el lugar y fecha donde ocurrieron. Estos detalles se han organizado en la Tabla No. 10 y se resumen de la siguiente manera (ver tabla No. 18 y Gráfica No. 7):

Tabla No. 18 Resumen accidentalidad 2010 - 2015

Año	No. Accidentes	Heridos	Muertos
2010	3	4	1
2011	6	6	5
2012	11	16	3
2013	5	9	0
2014	11	16	2
2015	5	8	1
Total	41	59	12

Gráfica No. 7 Accidentalidad 2010 - 2015

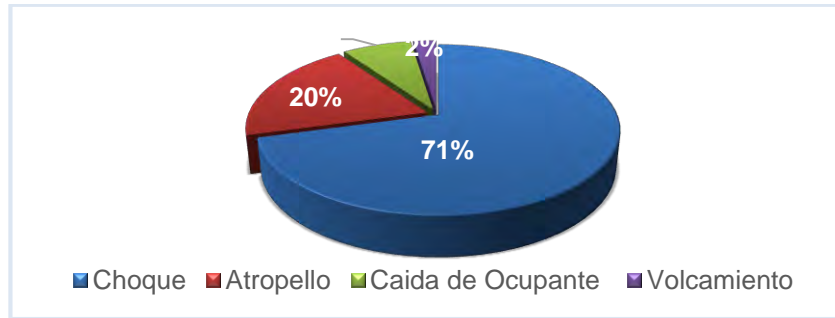


En los últimos cinco años se han presentado un total de 41 accidentes en el tramo comprendido entre los kilómetros K38+000 y K53+000, y tal como se puede observar en la gráfica No. 7 los porcentajes más altos se presentaron en los años 2012 y 2014 con un total de 11 accidentes.

Un aspecto relevante, que se debe considerar es que en lo transcurrido del año 2015, es decir, hasta el mes de abril el porcentaje de accidentalidad es del 12% igual al porcentaje de accidentes ocurridos en el año 2013 y superior al porcentaje del año 2010, lo cual es preocupante considerando que tal como muestra la gráfica, el porcentaje de accidentalidad ha ido aumentando con los años.

Ahora, de acuerdo a la información suministrada por la Policía de Carreteras, los 41 accidentes ocurridos han sido ocasionados por choques, atropello, caída de ocupante o volcamiento, tal como se muestra a continuación, en la gráfica No8.

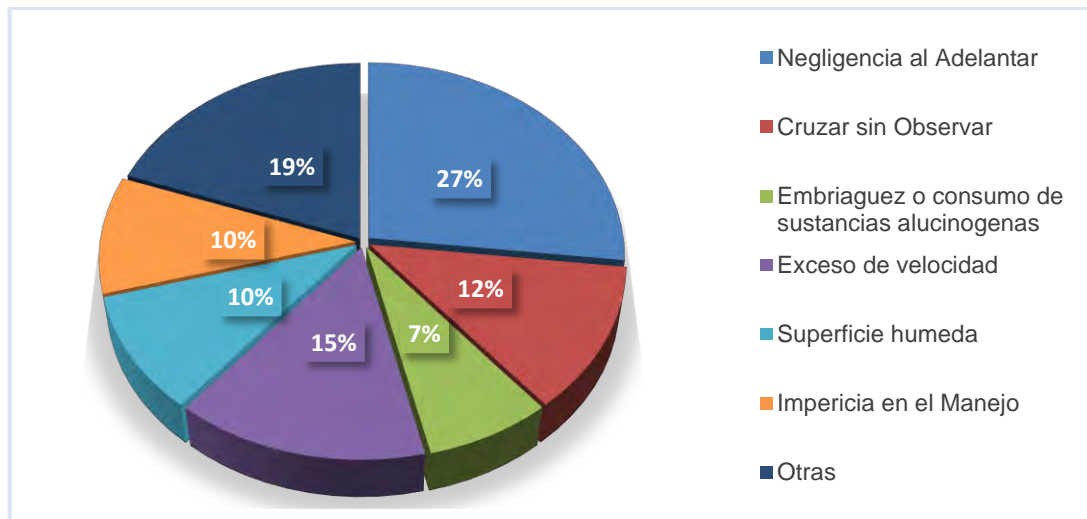
Gráfica No. 8 Causas de accidentalidad 2010 - 2015



La gráfica anterior muestra que la mayor causa de los accidentes se han dado por choques con un porcentaje del 71% correspondiente a 29 accidentes, seguido por 8 atropellos que equivalen al 20%, 3 caídas de ocupante del vehículo correspondiente al 7% y finalmente el 2% equivalente a un accidente por volcamiento.

Ahora, para cada accidente se maneja una hipótesis a cerca de su ocurrencia, a continuación, la gráfica No. 9 muestra la frecuencia de cada una de ellas en los accidentes ocurridos.

Gráfica No. 9 Hipótesis de accidentalidad 2010 - 2015

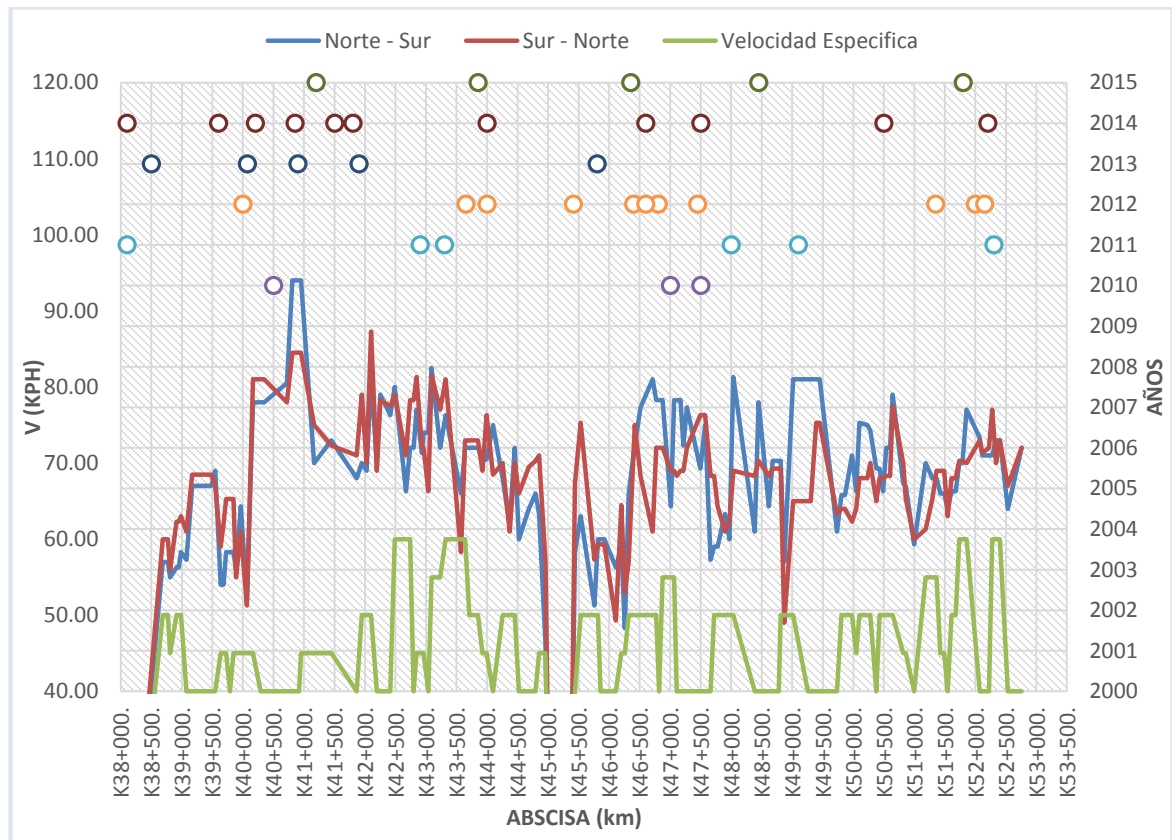


Considerando que la principal causa de accidentes ocurridos en los últimos cinco años en el tramo estudiado son los choques de vehículos, observa a la tabla No. 10 y en ella se aprecia que las hipótesis manejadas en este tipo de accidentes son principalmente la negligencia al adelantar y el exceso de velocidad, lo que nos lleva a cuestionar la consistencia de la vía objeto de estudio.

4.3.2 Comparación entre accidentalidad y velocidades de operación. Considerando que el análisis de accidentalidad expresado en el numeral anterior indica el exceso de velocidad como una de las principales causas de accidentes, se considera importante establecer una relación entre las velocidades de operación en los dos sentidos de flujo y los accidentes ocurridos a partir del año 2010. Cabe resaltar que esta comparación se realiza basándose en la velocidad de operación de automóviles, dado que a lo largo del estudio se ha observado que son estos quienes desarrollan velocidades más altas y por consiguiente son considerados como el tipo de vehículo más crítico dentro del estudio.

Lo anterior se refleja en la gráfica No.10, presentada a continuación:

Gráfica No. 10 Comparación entre accidentalidad y velocidades de operación



En la gráfica anterior se observa en color azul la velocidad de automóviles en el sentido Norte – Sur, en color rojo la velocidad de automóviles en sentido Sur – Norte y en color verde la velocidad específica de diseño. Hacia la parte derecha de la gráfica se establecen los años para los cuales se ha evaluado la accidentalidad y finalmente cada uno de los puntos en la parte superior de la representa el accidente presentado en la abscisa indicada.

De la gráfica se puede apreciar que la mayoría de los accidentes han ocurrido en aquellos puntos en los cuales se presenta mayor diferencia entre las velocidades de operación y la velocidad específica de diseño. Además de ello la mayoría de estos accidentes ocurren en zonas donde la velocidad específica de diseño no supera los 50 km/h.

Otra de las principales características que deja en evidencia la gráfica No. 9, es el significativo número de accidentes localizados en zonas en las cuales se presentan saltos importantes de velocidad al pasar de un elemento a otro, tal es el caso de las abscisas K40+0.65 y K46+318 al pasar del elemento 20 al 21 y 77 al 78 respectivamente.

Otro de los aspectos importantes a destacar se ve reflejado en la cantidad de accidentes presentados en el elemento "E1". Este elemento comprendido entre las abscisas K 38+035 y K 38+688, corresponde a una recta de 652.97 metros de longitud en la cual se han presentado 3 del total de 41 accidentes registrados en los últimos cinco años (Ver figura No.9). Por su longitud, es un elemento en el cual los vehículos tienden a desarrollar altas velocidades, esto, aunado a la presencia de un operativo de pesaje son las principales causas de accidentalidad en esta zona, pues para la localización de la báscula se redujo considerablemente el ancho de calzada, obligando de esta manera al conductor a reducir bruscamente la velocidad del vehículo y a realizar maniobras peligrosas que lo dejan expuesto a una situación de riesgo que puede desencadenar en un accidente.

Figura No. 9 Elemento 1 dispositivo de pesaje



4.3.3 Comparación entre accidentalidad y zonas de regular y mala consistencia. En el numeral 4.2, se establece la evaluación de la consistencia con base al segundo criterio de Lamm, y de igual manera, en la tabla No. 10 presenta la abscisa donde ocurrió cada uno de los accidentes en los últimos cinco años, por consiguiente es posible relacionar una inadecuada consistencia vial con la accidentalidad del tramo.

Cabe resaltar que esta comparación se realiza utilizando la consistencia evaluada de acuerdo al segundo criterio de Lamm dado que esta evalúa la diferencia de velocidad entre elementos consecutivos, y por consiguiente esto permite establecer los lugares en los cuales los conductores están expuestos a cambios bruscos de velocidad y con ello a posibles accidentes.

Al realizar esta comparación, es posible deducir que las zonas donde se han presentado mayor cantidad de accidentes en los últimos cinco años coinciden con las zonas donde existe una mayor diferencia de velocidad de operación entre elementos consecutivos, pues del total de los elementos calificados bajo una mala y regular consistencia vial según el segundo criterio de Lamm en el 30% de ellos se ha presentado al menos un accidente en los últimos cinco años. Ver anexo G. Medio digital.

Además, se observa que en los puntos designados como “críticos” tales como “E20”, “E28”, “E105”, “E99”, han ocurrido accidentes relacionados con el exceso de velocidad.

4.4 ANÁLISIS DE SEÑALIZACIÓN VIAL

A lo largo de todo el tramo de estudio se encuentran varias señales de tránsito las cuales tienen el objetivo de prevenir y alertar al conductor, no obstante muchas de ellas no son acatadas, en especial aquellas que denotan un límite de velocidad y la doble línea de demarcación horizontal que indica el peligro de adelantamiento.

A continuación, la tabla No. 19 muestra una comparación entre la velocidad máxima permitida en cada elemento y la velocidad de operación de los vehículos.

Tabla No. 19 Comparación velocidad máxima permitida y velocidad de operación V(85)

ELEMENTO	SENTIDO	VEL. MAX. PERMITIDA	VEL. OPERACIÓN			DIFERENCIA V(85) – VMAX		
			A	B	C2	A	B	C2
E 1	S - N	30.00						
	N - S	20.00						
E7	N - S	50.00	58.30	57.00	57.00	8.30	7.00	7.00
E 9	S - N	50.00	68.50	69.00	62.00	18.50	19.00	12.00
	N - S	50.00	67.00	72.00	60.00	17.00	22.00	10.00
E12	S - N	50.00	67.00	64.00	62.00	17.00	14.00	12.00
E17	N - S	50.00	58.30	52.00	48.30	8.30	2.00	-1.70
E21	N - S	20.00	78.00	66.00	65.30	58.00	46.00	45.30
E22	N - S	50.00	78.00	66.00	65.30	28.00	16.00	15.30
E 27	S - N	50.00	84.50	82.00	72.00	34.50	32.00	22.00
	N - S	60.00	94.00	76.00	73.00	34.00	16.00	13.00
E29	S - N	20.00	72.30	70.00	66.00	52.30	50.00	46.00
	S - N	30.00	72.30	70.00	66.00	42.30	40.00	36.00
	N - S	60.00	73.00	62.00	63.30	13.00	2.00	3.30
E30	N - S	30.00	68.00	63.00	61.00	38.00	33.00	31.00

ELEMENTO	SENTIDO	VEL. MAX. PERMITIDA	VEL. OPERACIÓN			DIFERENCIA V(85) – VMAX		
			A	B	C2	A	B	C2
E31	N - S	30.00	70.00	66.00	57.00	40.00	36.00	27.00
E35	N - S	60.00	79.00	75.00	67.80	19.00	15.00	7.80
	S - N	60.00	78.30	72.30	63.30	18.30	12.30	3.30
E 45	S - N	60.00	81.50	72.00	65.00	21.50	12.00	5.00
	N - S	60.00	82.50	74.00	68.00	22.50	14.00	8.00
E51	S - N	60.00	73.00	67.00	60.00	13.00	7.00	0.00
	N - S	60.00	72.00	67.50	62.30	12.00	7.50	2.30
E57	S - N	60.00	70.00	69.50	59.30	10.00	9.50	-0.70
	N - S	60.00	72.00	67.50	58.50	12.00	7.50	-1.50
E69	N - S	50.00	63.00	57.30	52.50	13.00	7.30	2.50
	S - N	50.00	75.30	63.30	55.00	25.30	13.30	5.00
	N - S	30.00	63.00	57.30	52.50	33.00	27.30	22.50
E73	S - N	50.00	59.30	53.30	50.00	9.30	3.30	0.00
E77	S - N	50.00	57.00	56.30	52.50	7.00	6.30	2.50
	N - S	60.00	66.00	63.00	57.00	6.00	3.00	-3.00
E86	S - N	30.00	68.30	60.30	61.00	38.30	30.30	31.00
	N - S	60.00	78.30	61.30	60.30	18.30	1.30	0.30
E95	S - N	50.00	61.00	56.30	58.00	11.00	6.30	8.00
	N - S	50.00	63.30	60.00	53.00	13.30	10.00	3.00
E101	S - N	60.00	69.30	56.00	57.00	9.30	-4.00	-3.00
	N - S	60.00	70.30	62.30	55.30	10.30	2.30	-4.70
E110	S - N	50.00	63.30	59.00	52.00	13.30	9.00	2.00
E111	N - S	60.00	65.80	60.00	59.00	5.80	0.00	-1.00
E119	N - S	50.00	69.30	63.00	62.00	19.30	13.00	12.00
	S - N	50.00	68.00	59.00	61.30	18.00	9.00	11.30
E 131	S - N	50.00	69.00	62.00	54.00	19.00	12.00	4.00
E135	N - S	50.00	70.00	66.30	61.30	20.00	16.30	11.30
E 141	N - S	50.00	71.00	62.00	54.00	21.00	12.00	4.00
	S - N	60.00	77.00	66.00	58.00	17.00	6.00	-2.00
E145	S - N	20.00	72.00	61.30	56.00	52.00	41.30	36.00
	N - S	20.00	72.00	63.00	59.00	52.00	43.00	39.00

Tal como puede observarse en la tabla anterior, la diferencia entre la velocidad máxima permitida en cada elemento y sus respectivas velocidades de operación es muy marcada, principalmente en automóviles y buses.

Igualmente es factible apreciar que existen diferencias de velocidad sumamente altas en los elementos “E21”, “E29”, “E31” y “E145” dado que en estos tramos se encuentra demarcación de zona escolar y por lo tanto la velocidad máxima permitida es de 20 km/h, no obstante los conductores hacen caso omiso de esta señalización.

Así mismo, es preciso enfatizar que en algunos de estos puntos con restricción de velocidad por zona escolar, se han presentado accidentes por colisión y atropello, tal como puede observarse en la figura No.10. Ver anexo G. Medio digital.

Figura No. 10 Accidentalidad y señalización elemento "E29"



Tal como se menciona anteriormente, otra de las señalizaciones menos acatadas por los conductores es de "Prohibido Adelantar" y en este punto es necesario hacer énfasis en que por las condiciones de diseño de la vía Pasto – Ipiales, en esta son casi nulos los sitios en los cuales está permitido adelantar vehículos, por ello los conductores se ven en la necesidad de hacerlo en el momento en el cual observan una recta de gran longitud, no obstante en este tipo de rectas se encuentran con señalización de zona escolar como es el caso del elemento "E29" localizado en el Municipio de Pilcuan, o el anteriormente citado elemento "E1" en el cual debido a la localización de la báscula no se permite adelantar vehículos.

5. CONCLUSIONES

El diseño geométrico es el factor principal dentro de una buena consistencia vial, pues cuando una vía presenta un diseño adecuado y acorde a las necesidades del usuario, la variación de la velocidad de operación respecto a la velocidad de diseño será mínima, brindando al conductor seguridad y comodidad.

Considerando la evaluación de la consistencia a partir del primer criterio de Lamm, el tramo comprendido entre los kilómetros K38+000 y K53+000 de la Ruta pasto – Ipiales conserva en su mayoría una consistencia mala, dado que en el caso de automóviles la velocidad de operación supera tanto a la velocidad específica como a la velocidad de diseño en el 100% de los elementos evaluados. Lo anterior indica que el diseño geométrico de la vía no es apto para los requerimientos de los conductores. Por otra parte, los resultados obtenidos a partir de la evaluación realizada por el segundo criterio de Lamm muestra una consistencia buena en la mayor parte del tramo, pues la diferencia de velocidades de operación entre elementos consecutivos es pequeña en el 80% de los elementos evaluados, no obstante cabe resaltar que a partir de este criterio se obtuvo puntos críticos en los cuales se presentan cambios bruscos de velocidad, generando incomodidad e inseguridad al usuario, por cuanto éste se ve en la necesidad de realizar maniobras que le impliquen riesgo de accidente.

La experiencia en campo indica que la velocidad de operación desarrollada por automóviles a lo largo del tramo, es excesivamente alta, pues en todos los elementos los vehículos de este tipo sobrepasan hasta en un 36% la máxima velocidad específica del tramo, por tanto los automóviles constituyen un punto esencial a tener en cuenta en el diseño geométrico de una vía.

Por otra parte, los camiones de dos ejes muestran velocidades de operación bajas y muy cercanas a la velocidad específica de diseño de cada elemento, pues su velocidad se ve influenciada tanto por su tamaño como por su carga, características que fueron tenidas en cuenta en el estudio pero que sin embargo son muy relativas, por consiguiente la evaluación de la consistencia en base a este tipo de vehículos no es totalmente exacta.

Existen varios factores que influyen en la velocidad de un vehículo, entre ellos la calidad de la estructura de pavimento, la visual que tiene el conductor, las condiciones climáticas, entre otras; pese a ello, las precauciones tomadas en cuenta en el momento de obtención de la muestra permitieron lograr datos lo más cercano posible a la velocidad real.

El manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS 2008, en su tabla 2.1 establece 60 km/h como la mínima velocidad de diseño para una vía primaria de

una calzada en terreno montañoso y escarpado, características propias del tramo de estudio, sin embargo, al observar la velocidad con la cual fue diseñado se encuentra que esta se encuentra 20 km/h por debajo de la velocidad requerida, lo que supone que la vía esta subdiseñada y no apta a las exigencias actuales de los usuarios.

El peralte supone otra inconsistencia dentro del diseño geométrico del tramo, por cuanto en campo se encontraron peraltes superiores al 8% e inferiores al 2%, lo cual influye directamente en la velocidad específica de diseño.

La evaluación de la consistencia por el segundo criterio de Lamm permite apreciar la existencia de puntos críticos, los cuales presentan una diferencia de velocidad significativa entre elementos consecutivos, evidenciándose de esta manera la carencia de condiciones de comodidad y seguridad para los usuarios, especialmente en curvas, tal es el caso del elemento "E28" en el cual los vehículos se ven forzados a reducir su velocidad hasta en 29 km/h.

La carencia de condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios se ve reflejada en la accidentalidad, pues del total de los elementos calificados bajo una mala y regular consistencia vial según el segundo criterio de Lamm en el 30% de ellos se ha presentado al menos un accidente en los últimos cinco años.

Los parámetros que se tienen en cuenta para un diseño geométrico tales como peralte, pendiente, radio de curvatura, longitud, están íntimamente ligados a la velocidad específica y en la mayoría de los casos, esta no corresponde a la velocidad con la cual un elemento es abordado, pues se observa a lo largo del estudio las velocidades de operación superan en más de 20 km/h la velocidad específica, de ello es posible afirmar que el diseño de la vía está supeditado a las condiciones de terreno, mas no a las necesidades de sus usuarios.

El manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS 2008, afirma que dependiendo de la percepción del trazado que tienen adelante, los conductores incrementan su velocidad respecto a la velocidad de diseño del tramo hasta en veinte kilómetros por hora (20 km/h), sin embargo, del estudio se deduce que en un 55% de los elementos, la velocidad de diseño es superada en más de 20 km/h por la velocidad de operación.

El tramo de estudio dispone de una serie de dispositivos de señalización vial de tipo informativa, reglamentaria y preventiva tanto horizontal como vertical, no obstante de acuerdo a lo indicado en el numeral 4.4 del presente documento, es posible afirmar que en su mayoría estos dispositivos son evadidos por los conductores, especialmente en los lugares demarcados como zona escolar, lo anterior aunado con que en algunos elementos se encuentran restricciones de velocidad que difieren de la velocidad con la cual fueron diseñados.

Este estudio permite reafirmar la idoneidad del perfil de velocidades en proyectos de investigación de este tipo, pues es una herramienta muy importante que facilita la observación del comportamiento de un conjunto de velocidades y realizar comparaciones entre ellas.

Uno de los resultados más importantes dentro de la investigación es la consecución de datos de desviación estándar reales de esta zona, dado que inicialmente para la determinación de la muestra a estudiar se optó por tomar un valor teórico, considerando que hasta el momento no se habían desarrollado estudios de este tipo en la zona. Finalmente se observó que los datos de desviación estándar obtenidos experimentalmente se aproximan bastante a los datos teóricos.

6. RECOMENDACIONES

Desarrollar estudios posteriores empleando nuevas metodologías, o metodologías ya existentes como lo son las basadas en la estabilidad del vehículo, en el análisis del trazado de la vía o en la evaluación de la carga de trabajo del conductor, considerando que por ahora el concepto de consistencia vial es relativamente nuevo, y es además la primera vez que se aplica este tipo de estudio en el tramo objeto de esta investigación.

Considerar con mayor énfasis las necesidades del usuario y de esta manera reducir los índices de accidentalidad tan altos que se presentan en el país, dado que las condiciones de terreno no deberían ser limitantes en el diseño geométrico de una vía, pues este debería

Tener en cuenta cada uno de los puntos críticos de la zona establecidos en el presente estudio, con el objeto de mejorar sus aspectos geométricos, de tal manera que las diferencias de velocidades no sean tan marcadas y con ello se permita al usuario viajar con mayor seguridad.

Tomar el presente proyecto de investigación como punto de partida o de referencia a futuras investigaciones de consistencia que abarquen la vía Pasto – Ipiales en su totalidad, dado que esta es una vía de gran importancia económica, social, y cultural tanto para el Departamento de Nariño como para el País en general.

7. BIBLIOGRAFÍA

ECHAVEGUEREN, Tomas. Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico: Velocidad, Aceleración Y Visibilidad. Argentina / Chile: 2009. 27p.

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

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

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

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. 6 ed. Madrid: Universidad Politécnica de Valencia, 2011. 64p.

CAL y MAYOR, R, CÁRDENAS, J. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones. Alfaomega, 1998.

6. CIBERGRAFÍA.

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

DOCUMENTOS TECNICOS INVIAS. <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq>

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Página Web. Glosario