

**ESTUDIO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL PERFIL DE
VELOCIDADES DEL TRAYECTO PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO)
KM 19+000 – KM 32+500 MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADAR**

AUTORES:

**JEISSON ALEXANDER GOMEZ CHAMORRO
DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
2014**

**ESTUDIO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL PERFIL DE
VELOCIDADES DEL TRAYECTO PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO)
KM 19+000 – KM 32+500 MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADAR**

AUTORES:

**JEISSON ALEXANDER GOMEZ CHAMORRO
DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA**

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

DIRECTOR:

ING. M. Sc. JORGE LUÍS ARGOTY BURBANO

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

2014

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

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

Artículo 13, Acuerdo N. 005 de 2010 emanado del Honorable Consejo Académico.

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado.

Jurado.

Jurado.

San Juan de Pasto, Mayo de 2014.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a nuestro director de tesis, **ING. MSC. JORGE LUIS ARGOTY BURBANO**, por su paciencia y colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A todos los profesores de la facultad de ingeniería civil, que con su sabiduría nos formaron en el transcurso de nuestra etapa universitaria.

Y finalmente a la Universidad de Nariño por los servicios prestados.

DEDICATORIA

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que formaron parte de todo el proceso profesional y a la culminación exitosa de mis estudios como Ingeniero Civil; a mi asesor por su apoyo constante en la elaboración del presente trabajo de grado y a los profesores que aportaron con su conocimiento a formarnos como personas y profesionales capaces de ejercer éticamente nuestra labor.

JEISSON ALEXANDER GOMEZ CHAMORRO

DEDICATORIA

A mi madre Claudia Patricia Villota Cruz.

A mi padre Marco Aurelio Paz Caicedo (Q.E.P.D)

A mis abuelitos Julio Cesar Villota y Blanca Ligia Cruz (Q.E.P.D).

A novia Aida Patricia Díaz Muñoz.

A mi hijo Joel Sebastián Paz Díaz.

A Omar Solarte Mora.

A mi familia y amigos.

Me dejaste la sabiduría de enfrentar la vida por sí solo, pero sabiendo que la familia es el principal apoyo incondicional que Dios nos dejó como compañía

Te amo abuelita Ligia

DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	23
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	25
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
2. OBJETIVOS	27
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3. JUSTIFICACIÓN.....	28
4. MARCO REFERENCIAL	29
4.1 MARCO GEOGRÁFICO	29
4.2. MARCO CONCEPTUAL.....	29
4.3. MARCO TEÓRICO	31
4.3.1. Definición de velocidad.....	31
4.3.2. Estudios de velocidad.....	31
4.4 MARCO DE ANTECEDENTES.....	35
5. METODOLOGÍA.....	38
5.1 TRAMO DE ESTUDIO	38
5.2. PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR LA VELOCIDAD DE DISEÑO ESPECÍFICA.....	38
5.3 ELECCIÓN DE EQUIPO A UTILIZAR.....	39
5.3.1 Tamaño de la muestra.....	40
5.4 FORMATO PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN EN CAMPO.	42
5.4.1 Formato general.	42
5.4.2 Procedimiento para toma de datos.	45
5.4.3 Ubicación del lugar para la recolección de la muestra.	45
5.4.4 Recopilación de datos.....	46
6. PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL TRAYECTO PASTO–CHACHAGUI (AEROPUERTO) KM 19+000 – KM 32+500	

MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE VELOCIDADES DE DISEÑO Y OPERACIÓN.....	47
6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL TRAMO DE VÍA.....	47
6.2. VELOCIDADES DE OPERACIÓN	52
6.3. VELOCIDADES DE DISEÑO.....	60
6.3.1. Velocidades Específicas en Curvas Horizontales (VCH).....	60
6.3.2. Velocidades Específicas en Entretangencias Horizontales (VETH)	63
6.3.3 Velocidad de tramo	64
6.4. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL TRAMO VIAL MEDIANTE VELOCIDADES DE DISEÑO Y OPERACIÓN.	70
6.4.1. Perfiles de velocidad.....	70
6.4.2. Evaluación de la consistencia	83
6.4.3. Comparación entre la velocidad de diseño y de operación.	84
6.4.4 Comparación entre velocidades de operación entre elementos consecutivos.....	85
6.4.5 Verificación de distancias de visibilidad de parada en el paso Nacional del casco urbano de Chachagüi.	96
6.4.6 Verificación de distancias de visibilidad de adelantamiento en entretangencias horizontales.	97
6.4.7 Informe de accidentalidad del tramo estudiado años 2011, 2012 y 2013	101
6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	106
6.5.1 Según evaluación de consistencia.	106
6.5.2 Según distancia de visibilidad de parada en el paso nacional del casco urbano de Chachagüi	112
6.5.3 Según distancia de visibilidad de adelantamiento	113
7. CONCLUSIONES.....	114
8. RECOMENDACIONES.....	118
9. BIBLIOGRAFÍA.....	120
10. CIBERGRAFÍA.	122

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Desviaciones Estándar de Velocidades Instantáneas.	41
Cuadro 2. Formato para la captura de información en campo.	44
Cuadro 3. Identificación de los Elementos Geométricos del Tramo	47
Cuadro 4. Información Obtenida de la Medición de velocidad de Operación para el Elemento No. 1.....	53
Cuadro 5. Tabla de Frecuencias Relativas y Acumuladas de Autos en sentido N-S del Elemento No. 1	54
Cuadro 6. Tabla de Frecuencias Relativas y Acumuladas de Buses en sentido N-S del Elemento No. 1	54
Cuadro 7. Tabla de Frecuencias Relativas y Acumuladas de Camiones en sentido N-S del Elemento No. 1	55
Cuadro 8. Velocidades de Operación.	55
Cuadro 9. Radios (Rc) según Velocidad Específica (VCH) y Peraltes (e) para e máx. = 8%	61
Cuadro 10. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.	64
Cuadro 11. Velocidades Específicas de los Elementos y Velocidad de los tramos Homogéneos.	65
Cuadro 12. Criterios para Evaluar el Nivel de Consistencia	84
Cuadro 13. Evaluación de elementos según el criterio I y criterio II de Lamm en el Sentido Norte-Sur.	85
Cuadro 14. Evaluación de elementos según el criterio I y criterio II de Lamm en el Sentido Sur- Norte.	91
Cuadro 15. Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente.	96
Cuadro 16. Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente para el paso nacional del casco urbano de Chachagüi.....	97
Cuadro 17. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.	98
Cuadro 18. Oportunidades de adelantar por tramos de cinco kilómetros	98

Cuadro 19. Verificación de distancia de visibilidad de adelantamiento en las entretangencias horizontales del tramo en estudio.	99
Cuadro 20. Accidentes Pasto-Chachagüi 2011 – 2012 – 2013	101
Cuadro 21. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio I de Lamm en el Sentido Norte-Sur.	107
Cuadro 22. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio II de Lamm en el Sentido Norte-Sur.	108
Cuadro 23. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio I de Lamm en el Sentido Sur -Norte.	110
Cuadro 24. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio II de Lamm en el Sentido Sur-Norte.	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pistola radar de velocidad marca STALKER SOLO 2	40
Figura 2. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur	71
Figura 3. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur	72
Figura 4. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur	73
Figura 5. Perfil casco urbano de Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur	74
Figura 6. Perfil sector Chachagüi - imperio de los incas: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur	75
Figura 7. Perfil sector imperio de los incas - aeropuerto: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur	76
Figura 8. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte	77
Figura 9. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte	78
Figura 10. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte	79

Figura 11. Perfil casco urbano de Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur - norte	80
Figura 12. Perfil sector Chachagüi - imperio de los incas: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur - norte.....	81
Figura 13. Perfil sector imperio de los incas - aeropuerto: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte	82
Figura 14. Accidentes de tránsito vía Pasto-Chachagüi (Aeropuerto) KM18+800-KM26+500	104
Figura 15. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio I de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Norte-Sur.	107
Figura 16. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio II de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Norte-Sur.	109
Figura 17. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio I de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Sur-Norte.	111
Figura 18. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio II de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Sur-Norte.	112

LISTA DE SÍMBOLOS

- V_{85} :** Velocidad correspondiente al percentil 85.
- S:** Desviación normal estándar.
- N:** Tamaño mínimo de la muestra.
- K:** Constante correspondiente al nivel de confiabilidad.
- E:** Error permitido en la estimación de la velocidad de punto.
- U:** Constante correspondiente a la velocidad estadística deseada.
- \tilde{V} :** Velocidad media temporal.
- V_i :** Velocidad del punto medio del intervalo de clase.
- f_i :** Frecuencia observada absoluta.
- \tilde{V}_t :** Velocidad media temporal.
- V_e :** Velocidad media espacial.

RESUMEN

Uno de los factores que más contribuye a la accidentalidad vial en Colombia es el exceso de velocidad, por lo cual es primordial realizar este tipo de estudio para obtener un análisis detallado del comportamiento de la velocidad alcanzada por los conductores, y así disminuir el exceso de velocidad en las vías de nuestro país.

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

Con la información recopilada se procede a realizar un análisis que consiste en la comparación de la velocidad de operación (percentil 85) con la velocidad de diseño y el cambio de velocidad entre elementos consecutivos y su posterior evaluación con los criterios I y II de Lamm, lo cual permite determinar la consistencia de cada elemento del tramo estudiado y la consistencia del tramo en sí mismo.

El tramo elegido comprende 13.5 km entre el sector de Palma Alto y el Aeropuerto del municipio de Chachagüi y hace parte de la vía conocida como Ruta (25-2) Pasto – Chachagüi.

En primer instancia se investigan diferentes métodos utilizados para medir la velocidad de operación de los vehículos en las vías, y de estos se elige un método manual en el que se utiliza una pistola radar medidora de velocidad puntual cuyo funcionamiento se basa en el principio Doppler.

Luego de haber elegido el método se define la muestra de vehículos que se medirán, determinando como vehículos de estudio automóviles, buses y camiones de dos ejes (C2) y posteriormente se calcula la cantidad de muestras a efectuar

para cada tipo de vehículo gracias a una expresión estadística que tiene en cuenta la desviación estándar, el error admitido por el investigador y nivel de confiabilidad.

Como parte del trabajo de campo se hace una identificación de cada elemento (curva y tangente) del tramo, se revisa los planos suministrados para obtener la información más representativa, la cual es requerida para la realización de este estudio, como son peralte máximo de cada curva como parámetro para obtener la velocidad de diseño de dichas curvas.

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

Finalizada la etapa de toma de datos en campo se inicia el proceso de sistematización y análisis, de lo cual se obtiene la velocidad de operación en cada elemento por tipo de vehículo y por cada sentido del flujo; luego se procede a elaborar los perfiles de velocidad del tramo para contrastar la velocidad de diseño con la velocidad de operación medida para efectuar la evaluación de la consistencia del tramo de vía estudiado.

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

ABSTRACT

One of the factors that most contribute to road accidents in Colombia is speed excess, so it is important to perform this type of study to obtain a detailed behavior of the speed reached by test drivers, and thus reduce excess speeds on the roads of our country.

The project is developed following a methodology that allowing evaluate the consistency of a section of one of the principal tracks of the department of Nariño. Through the operation speed insofar in curves and straights as punctual velocity.

With the information collected is proceed to perform analysis that consisting in the comparing of operation speed (85th percentile) with the design speed and speed change between consecutive elements and its later evaluation with the criterias I y II of Lamm for allow determining the consistency of each element of the stretch studied and consistency of the stretch itself.

The chosen stretch comprising 13.5 km between Palma Alto sector, and the Airport of the municipality of Chachagüi and is part of the track known as Ruta (25-2) Pasto- Chachagüi.

First instance different methods are investigated used to measure the speed of operation of vehicles on the tracks, and within of these a Manual method is chosen in which it uses a radar gun measuring of punctual speed whose operation is based on the Doppler principle.

After choosing the method is determines the sample of vehicles that will be measured, from the above is determined as study vehicles, cars, buses and trucks of two axles (C2) and later calculate the amount of samples to make for each type of vehicle thanks to an statistic expression that takes into account standard deviation, the error admitted by the investigator and confidence level.

As part of the fieldwork is done an identification of each element (curve and tangent) of stretch, at the same time is reviewed the supplied planes and is

obtained the information more representative which brings us to the realization of this study, as are maximum cant of each curve as parameter for obtain the design speed of these curves.

Measuring the operating speed is done in ordinary days, Saturday, Sunday and holidays in favorable conditions and free-flowing; the measured data are recorded in a format, one for each sense of the element.

Finished the stage of data collection in the field, the process of systematization and analysis begins, whereof is obtained the operation speed in each element by vehicle type and for each sense of flow; it then proceeds to develop the profiles of velocity of stretch to contrast the design speed with the speed of operation measured and on other hand is done evaluating the consistency the stretch of track studied.

Finally are produced the respective conclusions and recommendations obtained from the work done.

GLOSARIO

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

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 que los conductores tienen de esta.

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

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

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

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

Pendiente. Inclinación o relación entre la diferencia de niveles y la distancia horizontal entre dos puntos. En cuanto a carreteras se define dos tipos de pendientes: la pendiente longitudinal al eje de la vía y la pendiente transversal al eje de la vía¹.

¹ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Página Web. Glosario.

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

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

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

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

Reductor de velocidad. Dispositivos que obligan a disminuir la velocidad de los conductores. Son dispositivos colocados sobre la superficie de rodadura cuya finalidad es la de mantener unas velocidades de circulación reducidas a lo largo de ciertos tramos².

² MERINO, Luis. Propuesta del modelo de evaluación para la inspección visual de los dispositivos de seguridad vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo vial ruta 2501 de la troncal de occidente desde el PR 5+000 al PR+83+000 sector Ipiales – Pasto. Glosario. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Pasto. Universidad de Nariño, 2010.

Señalización horizontal. Elemento señalizador colocado o pintado en el pavimento³.

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.

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

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

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

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. Es la velocidad con que se diseña en particular cada elemento de un tramo de vía, como mínimo esta velocidad corresponde a la velocidad de diseño del proyecto⁴.

³ Ibíd.

⁴ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Pagina Web, Op. cit.

Vía. Zona de uso público o privado abierta y destinada al tránsito de vehículos, personas y/o animales⁵.

⁵ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Pagina Web, Op. cit.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales indicadores para medir la calidad de la operación de un sistema de transporte es la velocidad dado que ésta involucra factores como la seguridad, comodidad, tiempo y economía durante el recorrido. El desplazamiento de un lugar a otro es muy importante en la actividad humana y económica. Un sistema de transporte eficaz puede ser medido por la calidad del sistema vial y el tiempo utilizado para realizar el recorrido con lo cual la velocidad toma importancia y deba ser determinada, analizada, regulada y controlada con el fin de crear un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la carretera.

Debido a lo anteriores aspectos nace la necesidad de realizar éste estudio de campo con el propósito de determinar las velocidades de operación en lugares específicos localizados en la longitud media de cada alineación y en cada curva del Trayecto Pasto – Chachagüi (Aeropuerto) KM 19+000 – KM 32+500.

Para el presente estudio se definen puntos representativos y las curvas del trayecto, luego se determinará la velocidad a un número de vehículos adecuados para cada categoría mediante el método del radar. La hora del día y la duración de los estudios de velocidad en el sitio serán realizadas cuando el tránsito está fluyendo libremente durante las horas no pico.

Los puntos representativos del trayecto serán aquellos donde no existan inconvenientes en el flujo vehicular y se realizará en cada uno de las alineaciones en los dos sentidos de marcha; las características de velocidad identificadas serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento del estudio.

El estudio de velocidad se realizará para un tamaño suficiente de la muestra en cada categoría de vehículos (automóviles, buses y camiones tipo C2), de forma que los datos recolectados permitan obtener la velocidad representativa del total de vehículos que circulan por la vía e inferir el límite de velocidad (percentil 85)

empleado comúnmente en la mayoría de estudios de tránsito y la realización de análisis estadísticos. Entre mayor sea el tamaño de la muestra es mayor la probabilidad de que la media estimada no sea significativamente diferente de la media verdadera.

El desarrollo del proyecto se evidencia en la importancia de las aplicaciones que éste tipo de estudio representa para la ingeniería de tránsito y transporte como son el análisis de accidentes, establecer elementos de diseño, planeación de la operación de tránsito, regulación y control, lugares con problemas de velocidad, estudios de investigación que involucren flujos de tránsito, además de que permite tener otro criterio para la elección de la velocidad de diseño cuando se trabaje en proyectos con características similares a éste.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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

La velocidad es uno de los factores importantes en el nivel de servicio de una carretera, ofreciéndole al conductor seguridad, comodidad y rapidez al transportarse, por tanto es muy importante conocer la velocidad de operación de la misma. El creciente desarrollo económico, la globalización, la incursión de nuevas tecnologías en el desarrollo de los sistemas de transporte ha provocado que la velocidad de operación se haya incrementado, por lo cual las condiciones de diseño de la vía para las cuales fueron diseñadas ya no satisface las condiciones de transporte actuales y las proyectadas hacia el futuro, lo cual se pretende demostrar con el estudio.

La Ruta (25-2) Pasto – Chachagüi (Aeropuerto), que es un tramo de acceso vital para la región presenta altos índices de accidentalidad, que puede ser un indicio de una consistencia inapropiada de los elementos geométricos de la vía.

Dentro de los métodos para estimar la consistencia, el estudio de velocidad de operación se considera la forma más sencilla, de ahí que algunos investigadores como Mclean (1981)⁶, menciona que la principal causa de inconsistencia de los diseños era la diferencia entre la velocidad de diseño y la de operación; y Lamm (1986)⁷ adopta dicho postulado y construye con base en sucesivos estudios de campo sus criterios de consistencia.

⁶ ECHAVEGUEREN, Op. Cit. p. 7-26.

⁷ PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo. Cuaderno Tecnológico de la PTC - La Velocidad De Operación y su Aplicación en el Análisis de la Consistencia de Carreteras para la Mejora de la Seguridad Vial. 2011. p. 9 y 10.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe información acerca de la velocidad de operación en el trayecto PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO) KM 19+000 – KM 32+500, que sirva como base para estudios de tránsito y la realización de análisis estadísticos futuros para el mejoramiento del nivel de servicio del trayecto?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener las velocidades de operación y analizar el perfil de velocidades del trayecto PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO) KM 19+000 – KM 32+500, mediante la utilización de radar.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las tendencias de velocidades de punto para cada categoría de estudio: automóviles, buses y camiones tipo C2 en la longitud media de cada alineamiento en los dos sentidos de marcha.
- Calcular la desviación estándar para cada tipo de vehículo y por cada alineamiento en los dos sentidos de marcha.
- Realizar el análisis estadístico de las mediciones determinadas.
- Analizar el perfil de velocidades en comparación con la normativa Colombiana 2008.
- Proporcionar un referente estadístico para futuros proyectos y estudios de tránsito y transporte en dicho trayecto.
- Donar los equipos empleados al programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Nariño luego de la terminación del estudio.

3. JUSTIFICACIÓN

Existen diversos problemas vinculados con la modalidad del transporte por carretera; estos incluyen accidentes, congestionamientos y demoras. Para reducir la ocurrencia de estos problemas en las carreteras es necesario recolectar información que describa el alcance de los mismos e identificar su ubicación. Esta información se acopia mediante la organización y realización de diferentes estudios tales como estudios de velocidad que sirvan como fuentes de información para estudios de límites de velocidad, zonas de rebase, ubicación de señales de tránsito, siniestralidad y tendencias de velocidad, entre otras.

En el departamento de Nariño no existen estudios actualizados sobre las velocidades de operación en el trayecto PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO) KM 19+000 – KM 32+500; éste trayecto hace parte de la vía Panamericana, el cual es de vital importancia desde el punto de vista económico, social, cultural y político, por lo tanto es necesario que se lleve a cabo dicho estudio para atender, el desarrollo tecnológico, seguridad, comercio, progreso de la región, y las demandas actuales y futuras de tránsito en general.

De esta forma, el estudio sirve como sustento para la toma de decisiones con respecto al tramo vial y así mismo es un referente para posteriores investigaciones tanto en otros tramos de la Ruta (25-2), como en otras vías del departamento de Nariño y de Colombia.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO GEOGRÁFICO

Troncal de occidente.

La Ruta Nacional (25) o comúnmente llamada la Troncal de Occidente o Troncal Occidental, hace parte del corredor vial Nacional de Colombia que parte del Puente de Rumichaca en la Frontera con Ecuador y termina en la ciudad de Barranquilla. Es la principal Vía del Occidente del País y hasta el momento la única Vía que bordea el Pacífico⁸.

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 el Ecuador, pasando por Ipiales, y las poblaciones de San Juan, Pilcuán, Pedregal, Tangua y Catambuco, continuando por Pasto y empalmar con la población de Chachagüi, hasta el acceso al aeropuerto Antonio Nariño de la capital nariñense. El terreno es montañoso en el noventa por ciento (90%) y el diez por ciento (10%) restante se conforma por terreno ondulado y plano. La vía comunica a Colombia con el resto de los países de Sudamérica, así como a Nariño con otros departamentos del país⁹.

4.2. 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 mejoramiento de una ya existente.

⁸ Ministerio de Transporte Resolución 339 de 26 de Febrero de 1999

⁹ Presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2005/octubre/31/11312005.htm

Velocidad puntual. Es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto de la carretera en un instante dado¹⁰.

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”¹¹.

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

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

Velocidad de operación.

La AASHTO define la Velocidad de Operación como “la máxima velocidad media a la que un conductor puede circular en una sección dada de vía bajo condiciones favorables de meteorología, condiciones predominantes de tráfico y sin exceder la velocidad segura en ningún momento, determinada ésta mediante la velocidad de diseño basada en un análisis por tramos de vía”.

¹⁰ ARBOLEDA VELEZ Carlos y RIVAS MUÑOZ Nelson, Edgar Ramiro. Conferencias de Ingeniería de tránsito. Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Vías y Transporte Universidad del Cauca. 2005

¹¹ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual Diseño Geométrico de Carreteras. Glosario de términos, Op. Cit. p. 273.

4.3. MARCO TEÓRICO

4.3.1. Definición de velocidad

La velocidad ha sido un deseo humano desde que el hombre invento los medios de transporte. Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo en que tarda en recorrerlo, o sea una relación de movimiento. La velocidad está bajo el control del conductor y su uso determina la distancia recorrida, el tiempo usado en el recorrido y ahorro de tiempo, según la variación de velocidad¹².

4.3.2. Estudios de velocidad

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de un sistema vial es la velocidad de los vehículos. Desde éste punto de vista, para medir la calidad del movimiento del tránsito se utilizan la velocidad de punto, en sus dos componentes media temporal y media espacial; la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha¹³.

4.3.2.1. Aplicaciones de los estudios de velocidad

Algunas aplicaciones de los estudios de velocidad en los campos de la ingeniería de tránsito y afines, son:

- Obtener tendencias de velocidades que pueden ser específicas por tipo de vehículo.
- Detectar problemas con problemas de velocidad (altas o bajas)
- Planear el tránsito, su operación, regulación y control.
- Efectuar análisis de accidentalidad relacionada con la velocidad.

¹²ARBOLEDA VELEZ Carlos y RIVAS MUÑOZ Nelson. Conferencias de Ingeniería de tránsito. Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Vías y Transporte Universidad del Cauca. 2005

¹³REYES SPÍNDOLA, Rafael y CÁRDENAS G, James. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. 7ª ed. México, D.F. Alfaomega, 2000.

- Realizar estudios tales como: nivel de servicio, análisis diferencial de velocidades, influencia en la velocidad provocada por obstrucciones laterales o distracciones, flujo vehicular y otros.
- Evaluar la eficiencia de una ruta con respecto al movimiento de la corriente vehicular.
- Calcular los costos de operación vehicular y del usuario.
- Planear el transporte mediante la aplicación de modelos de asignación y/o distribución de viajes y rutas.
- Estimar la calidad de los controles del tránsito en las intersecciones y en carriles específicos¹⁴.

4.3.2.2. Velocidad de operación

La AASHTO define la Velocidad de Operación como “la máxima velocidad media a la que un conductor puede circular en una sección dada de vía bajo condiciones favorables de meteorología, condiciones predominantes de tráfico y sin exceder la velocidad segura en ningún momento, determinada ésta mediante la velocidad de diseño basada en un análisis por tramos de vía”.

4.3.2.3. Estudio de la velocidad de punto (en el sitio)

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 de estudio. Las características de velocidad que se determinen en el sitio pueden usarse para:

¹⁴ ARBOLEDA VELEZ Carlos y RIVAS MUÑOZ Nelson. Conferencias de Ingeniería de tránsito. Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Vías y Transporte Universidad del Cauca. 2005

- 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 un camino), o las restricciones de paso.
- Evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito. 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 del radar sonoro y de límites diferenciados de velocidad para automóviles y camiones.
- Evaluar y/o determinar lo 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 velocidad.
- Determinar si son válidas las quejas acerca de incidentes de exceso de velocidad ¹⁵

4.3.2.4. Método del radar

La medición de velocidad aplicando instrumentos de radar son los más utilizados actualmente. Se trata de un equipo accionado por batería, que se basa en el principio fundamental de que la onda de radio reflejada por un objeto en movimiento experimenta una variación en su frecuencia que es función de la velocidad del objeto lo que se conoce como el principio de Doppler, midiendo el cambio de frecuencia es posible determinar la velocidad del objeto que la refleja. Los medidores de radar se montan sobre un trípode o manualmente, su uso es muy sencillo, basta apuntar hacia el vehículo escogido, leer la velocidad

¹⁵ GARBER, Nicholas J y HOEL, Lester A. Ingeniería de Tránsito y Carreteras. 3ª ed. México, D.F., 2005.

directamente en la pantalla y anotarlo. La velocidad aparece en kilómetros por hora (o millas por hora).

La velocidad que miden estos equipos es la del vehículo con respecto al medidor, esta resulta menor que la que lleva el vehículo con respecto a la vía. Esto sucede porque la distancia recorrida por el vehículo a lo largo de la vía es menor que el cambio correspondiente en la distancia de este al medidor. Para corregir este error habría que dividir la velocidad medida entre el coseno del ángulo de incidencia o sea el que forma la visual del medidor con respecto a la trayectoria del vehículo. Ver la figura adyacente. Esto no es fácil porque para que el ángulo no cambie se debe mantener fijo el instrumento. Sin embargo cuando el ángulo es menor de 15 grados los errores introducidos son despreciables

4.3.2.5. Ubicaciones de sitio para los estudios de velocidad

Los estudios de velocidad de punto se efectúan en lugares especiales o generales. Las ubicaciones especiales son elegidas para establecer límites de velocidad de tramos específicos de calles o carreteras; para evaluar mejoras en el tránsito y para estudiar lugares de accidentes. Los estudios de velocidades de punto se realizan en lugares especiales, para estudios de investigación o para evaluar relaciones entre la velocidad y los diversos factores que influyen en la velocidad de punto como son: el conductor, el vehículo, el camino, el tránsito y las condiciones atmosféricas. En general se emplean las siguientes ubicaciones:

- En intersecciones y otros puntos a mitad de la cuadra, que registran alta frecuencia de accidentes.
- En puntos donde se propone la instalación de señales de tránsito.
- En todas las arterias principales.
- En puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos.

4.3.2.6. Hora del día y duración de los estudios de velocidad de punto

La hora del día para realizar un estudio de velocidad depende del propósito del estudio. Si la finalidad del estudio es establecer límites de velocidad visibles, observar tendencias de velocidad, o recolectar datos básicos, se recomienda que sea realizado cuando el tránsito está fluyendo libremente durante las horas no pico y en condiciones normales atmosféricas. Sin embargo, cuando se realiza un estudio de velocidad como respuesta a las quejas de los usuarios, éste es útil si el periodo de tiempo seleccionado para el estudio refleja la naturaleza de las quejas. La duración del estudio deberá ser tal que registre el número mínimo de registros requeridos para el análisis estadístico. Comúnmente, es de una hora y el tamaño de la muestra de al menos 30 vehículos¹⁶.

4.3.2.7. Personal y equipo

Los datos de velocidad pueden recopilarse por métodos manuales o automáticos dependiendo del equipo que se disponga. Con el método automático se emplean dispositivos eléctricos y/o mecánicos, para medir las velocidades de los vehículos al pasar. El radar es el dispositivo automático comúnmente empleado para medir velocidades de punto¹⁷.

4.4 MARCO DE ANTECEDENTES

En el departamento de Nariño no existen estudios sobre la velocidad de operación de la red vial, sin embargo en otros departamentos si existen éste tipo de estudios en algunos tramos o sectores específicos.

En el departamento del Tolima el ingeniero Édgar Ramiro Jiménez Pérez, realizó en Marzo de 2007, un estudio sobre la velocidad puntual en la avenida Ambalá entre las calles 67 y 69 de la ciudad de Ibagué, donde el objetivo principal era

¹⁶ GARBBER, Nicholas J y HOEL, Lester A. Ingeniería de Tránsito y Carreteras. 3ª ed. México, D.F, 2005.

¹⁷ BOX, Paul C y OPPENLANDER, Joseph C. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. 4ª ed. México, D.F, 1985.

determinar la velocidad que adopta el 85% de los conductores utilizando métodos manuales. La metodología de estudio era cronometrar el tiempo que se demora un vehículo en recorrer una distancia determinada para una cantidad de vehículos suficiente para determinar una velocidad representativa de todos los vehículos; por lo tanto se escogió 191 vehículos como tamaño de la muestra para un nivel de confianza estadística del 95%. Los resultados del estudio mostraron una velocidad máxima de 56 km/h, una velocidad mínima de 20 km/h, una velocidad media de 38,07 km/h, un límite de velocidad (percentil 85) de 43,9 km/h. El estudio demostró que el 90% de los conductores circulaban al límite de velocidad límite del tramo (43,9 km/h); sin embargo por tratarse de una zona escolar según el código de tránsito ese límite debe estar en 30 km/h, el cual solo es respetado por el 22% de los conductores¹⁸.

En la normatividad Colombiana, la ley 1239 de 2008 para la velocidad de operación en las carreteras establece:

ARTÍCULO 1o. El artículo 106 del Código Nacional de Tránsito quedará así:

“Artículo 106. Límites de velocidad en vías urbanas y carreteras municipales.

En las vías urbanas las velocidades máximas y mínimas para vehículos de servicio público o particular será determinada y debidamente señalizada por la autoridad de Tránsito competente en el distrito o municipio respectivo. En ningún caso podrá sobrepasar los 80 kilómetros por hora.

El límite de velocidad para los vehículos de servicio público, de carga y de transporte escolar, será de sesenta (60) kilómetros por hora. La velocidad en zonas escolares y en zonas residenciales será hasta de treinta (30) kilómetros por hora”.

ARTÍCULO 2°. El artículo 107 del Código Nacional de Tránsito quedará así:

¹⁸ JIMENEZ PEREZ, Edgar Ramiro. Estudio sobre Velocidad Puntual Av. Ambalá entre Calles 67 y 69. Tesis Especialización en Vías y Transporte. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. 2007

“Artículo 107. Límites de velocidad en carreteras nacionales y departamentales. En las carreteras nacionales y departamentales las velocidades autorizadas para vehículos públicos o privados, serán determinadas por el Ministerio de Transporte o la Gobernación, según sea el caso teniendo en cuenta las especificaciones de la vía. En ningún caso podrá sobrepasar los 120 kilómetros por hora.

Para el servicio público, de carga y de transporte escolar el límite de velocidad en ningún caso podrá exceder los ochenta (80) kilómetros por hora. Será obligación de las autoridades mencionadas, la debida señalización de estas restricciones.

5. METODOLOGÍA

5.1 TRAMO DE ESTUDIO

Planos del tramo de estudio.

Para la identificación de los elementos que hacen parte del tramo de estudio mencionado fue necesario basarse en los planos existentes y actuales, los cuales facilitaron conocer la información del trazado de la vía en planta con longitudes, ancho de calzada, curvas horizontales, radios de curvas, peraltes, y también el trazado en perfil con las respectivas curvas verticales y pendientes. (Ver anexo A).

Clasificación y agrupación de elementos según sus características.

Con la ayuda de los planos del tramo de estudio se identificaron en el trazado en planta 86 curvas horizontales con sus respectivos radios, y 86 tangentes horizontales. Según la metodología del estudio son de interés los 172 elementos definidos en planta ya que a estos se les realizó los respectivos muestreos.

5.2. PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR LA VELOCIDAD DE DISEÑO ESPECÍFICA.

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

Velocidad de diseño específica en curvas. Teniendo el radio de cada curva y el peralte máximo aproximado se consultó la tabla 3.4 del Manual de Diseño geométrico de Carreteras INVIAS-2008, para determinar la velocidad específica aproximada con la que fue diseñada cada curva.

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

5.3 ELECCIÓN DE EQUIPO A UTILIZAR.

De los métodos mencionados para realizar los estudios de velocidad en el sitio se escogió el procedimiento mediante el cual se utiliza un medidor con funcionamiento bajo el principio Doppler como es la pistola radar medidora de velocidad; con este instrumento se harán mediciones puntuales de velocidad en los lugares definidos en el estudio.

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

Pistola radar de velocidad MPH o KPH.

Cuenta con un detector de velocidad con pantalla digital, lecturas en kilómetros por hora y/o millas por hora.

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

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

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

Figura 1. Pistola radar de velocidad marca STALKER SOLO 2



5.3.1 Tamaño de la muestra.

El tamaño de muestra se definió de forma estadística según la ecuación recomendada por el texto Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor y Cárdenas Grisales, la cual se utiliza para obtener el tamaño de la muestra en un estudio de velocidades puntuales¹⁹.

¹⁹ CAL Y MAYOR, Rafael; CÁRDENAS, James. Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones. 8 ed. México D.F: Editorial Alfaomega, 2007. p. 262.

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

Dónde n = tamaño mínimo de la muestra.

K = constante que corresponde al nivel de confianza deseado.

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

e = error permitido en el estimado de la velocidad.

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

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

Cuadro 1. Desviaciones Estándar de Velocidades Instantáneas.

AREA DE TRANSITO	TIPO DE CARRETERA	DESVIACION ESTANDAR MEDIA (KM/H)
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

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

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

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

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

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

5.4 FORMATO PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN EN CAMPO.

5.4.1 Formato general.

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

- **Fecha.** Diligenciar la fecha (día–mes–año) de acuerdo al día de la realización toma de datos.
- **Hora de inicio.** Hora en la que se inicia a recolectar la muestra.

- **Hora final.** Hora en la que se termina de recolectar la muestra.
- **Localización.** Se coloca la abscisa en la que se hace la medición de velocidad o el nombre del respectivo elemento.
- **Estado del pavimento.** El estado del pavimento se debe tener en cuenta ya que éste es un factor que puede influir en la velocidad que desarrollen los vehículos.
- **Condición climática.** La condición climática es importante ya que éste tipo de estudio se debe realizar en condiciones favorables (no presencia de lluvia).
- **Sentido.** El estudio de velocidades del presente trabajo se realiza en los dos sentidos de la vía, en este aspecto se debe aclarar en qué sentido de flujo se está realizando el muestreo: norte – sur o sur – norte.
- **Procedimiento.** El formato puede ser utilizado para estudios de velocidad puntual realizado de diferentes formas, en este espacio se debe consignar si el estudio es realizado con radar, con cronometro, pistola Stalker solo 2 entre otros métodos.
- **Aforador.** Se debe consignar el nombre de la persona que realiza el aforo de los datos de la muestra.
- **Supervisor.** Se debe consignar el nombre de la persona que supervisa el aforo de los datos.
- **Lectura KPH.** Registro de los valores de velocidad de operación tomados en KMH de los respectivos tipos de vehículos. (Automóviles, Buses, Camiones de dos ejes grandes o pequeños)
- **Carga.** Para el caso de los camiones y si es posible observar se debe consignar si el camión aforado transita con o sin carga.
- **Notas.** Algunas notas se colocan para mayor manejo del formato, además se aclara que Para el grupo de vehículos que se siguen a corta distancia, se mide solamente la velocidad del vehículo que encabeza el grupo.
- **Observaciones.** Registrar alguna observación relacionada con el muestreo o de algún evento que afecte la velocidad de operación de los vehículos.

Cuadro 2. Formato para la captura de información en campo.

	ESTUDIO DE VELOCIDAD PUNTUAL MEDIDAS DE VELOCIDAD FORMATO DE CAMPO	UNIVERSIDAD DE NARIÑO KMOGRAMA DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL
Fecha: _____		Hoja No: _____ De _____
Hora Inicio: _____	Localización: _____	Sentido: _____
Hora Final: _____	Estado del pavimento: _____	Procedimiento: _____
Aforador: _____	Condición Climática: _____	Supervisor: _____

No	Lectura (KPH)			Carga	
	A	B	C2	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					

No	Lectura (KPH)			Carga	
	A	B	C2	Si	No
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 radar.

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

Observaciones _____

Firma Supervisor _____

Firma Aforador _____

5.4.2 Procedimiento para toma de datos.

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

En la recolección de datos, se debe tener en cuenta una serie de factores, a saber:

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

5.4.3 Ubicación del lugar para la recolección de la muestra.

Muestreo de velocidad de operación en curvas

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

La persona encargada de la toma de datos se ubicó en un lugar donde al apuntar a los vehículos el aparato quedara perpendicular a la sección transversal del centro de la curva (donde se desarrolla el mayor peralte), quedando directamente frente al vehículo²⁰.

²⁰ PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 23.

Muestreo de velocidad de operación en rectas tangentes

El muestreo en rectas tangentes se debe realizar en el punto donde la velocidad de operación supuestamente alcance un valor mayor. Dependiendo de la longitud de la recta y su pendiente el lugar donde se desarrolle la mayor velocidad de operación será diferente.

En rectas cortas la mayor velocidad por lo general se alcanza a desarrollar próximo al centro de la recta; en rectas largas la velocidad tiende a ser mayor en el último tercio de la tangente en el sentido del flujo²¹.

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

5.4.4 Recopilación de datos.

Los datos obtenidos se llenaron en el formato antes especificado.

²¹ PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 25.

6. PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL TRAYECTO PASTO-CHACHAGUI (AEROPUERTO) KM 19+000 – KM 32+500 MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE VELOCIDADES DE DISEÑO Y OPERACIÓN.

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL TRAMO DE VÍA

Para realizar la medición de velocidades se identificaron los elementos geométricos correspondientes (Curvas y Tangentes), como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Identificación de los Elementos Geométricos del Tramo

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
1	CURVA	Izquierda	141d8'34"	36	8.00%	88.68	KM 18+927.53	KM 19+016.22	-6.547
2	TANGENTE					25.69	KM 19+016.22	KM 19+041.91	-6.547
3	CURVA	Derecha	34d6'5"	67	8.00%	39.88	KM 19+041.91	KM 19+081.79	-6.547
4	TANGENTE					44.45	KM 19+081.79	KM 19+126.24	-6.547
5	CURVA	Derecha	63d19'20"	45	8.00%	49.73	KM 19+126.24	KM 19+175.98	-6.547
6	TANGENTE					18.71	KM 19+175.98	KM 19+194.69	-6.547
7	CURVA	Izquierda	111d26'25"	40	8.00%	77.8	KM 19+194.69	KM 19+272.49	-6.547
8	TANGENTE					28.26	KM 19+272.49	KM 19+300.75	-6.547
9	CURVA	Derecha	60d12'40"	75	7.00%	78.82	KM 19+300.75	KM 19+379.56	-6.547
10	TANGENTE					39.81	KM 19+379.56	KM 19+419.37	-6.547
11	CURVA	Izquierda	41d29'21"	100	6.20%	72.41	KM 19+419.37	KM 19+491.78	-6.547
12	TANGENTE					100.32	KM 19+491.78	KM 19+592.10	-6.547
13	CURVA	Derecha	35d34'21"	75	7.00%	46.56	KM 19+592.10	KM 19+638.66	-6.547
14	TANGENTE					22.87	KM 19+638.66	KM 19+661.53	-6.547
15	CURVA	Izquierda	42d5'29"	70	7.20%	51.42	KM 19+661.53	KM 19+712.95	-6.547
16	TANGENTE					30.23	KM 19+712.95	KM 19+743.18	-6.547
17	CURVA	Derecha	120d56'12"	50	8.00%	105.54	KM 19+743.18	KM 19+848.72	-6.547
18	TANGENTE					32	KM 19+848.72	KM 19+880.72	-6.547
19	CURVA	Izquierda	155d36'28"	30	8.00%	81.48	KM 19+880.72	KM 19+962.19	-6.547
20	TANGENTE					72.26	KM 19+962.19	KM 20+034.45	-5.839
21	CURVA	Derecha	122d48'45"	48	8.00%	102.89	KM 20+034.45	KM 20+137.34	-5.839

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
22	TANGENTE					20.74	KM 20+137.34	KM 20+158.08	-5.839
23	CURVA	Izquierda	68d1'9"	39.32	8.00%	46.67	KM 20+158.08	KM20+196.66	-5.839
24	TANGENTE					29.94	KM20+196.66	KM 20+226.60	-5.839
25	CURVA	Derecha	49d29'39"	40	8.00%	34.55	KM 20+226.60	KM 20+261.15	-5.839
26	TANGENTE					34.84	KM 20+261.15	KM 20+295.99	-5.839
27	CURVA	Izquierda	73d18'55"	35	8.00%	44.79	KM 20+295.99	KM 20+340.78	-5.839
28	TANGENTE					26.7	KM 20+340.78	KM 20+367.48	-5.839
29	CURVA	Derecha	26d54'20"	70	7.20%	32.87	KM 20+367.48	KM 20+400.35	-5.839
30	TANGENTE					50.82	KM 20+400.35	KM 20+451.17	-5.839
31	CURVA	Izquierda	46d39'59"	55	7.80%	44.8	KM 20+451.17	KM 20+495.97	-5.839
32	TANGENTE					34.21	KM 20+495.97	KM 20+530.18	-5.839
33	CURVA	Derecha	19d34'41"	125	8.00%	42.71	KM 20+530.18	KM 20+572.89	-5.839
34	TANGENTE					35.87	KM 20+572.89	KM 20+608.76	-5.839
35	CURVA	Derecha	106d0'2"	50	8.00%	92.5	KM 20+608.76	KM 20+701.26	-5.839
36	TANGENTE					34.61	KM 20+701.26	KM 20+735.87	-5.839
37	CURVA	Izquierda	63d7'21"	40	8.00%	44.07	KM 20+735.87	KM 20+779.94	-5.839
38	TANGENTE					25.78	KM 20+779.94	KM 20+805.72	-5.839
39	CURVA	Derecha	29d0'50"	130	5.60%	65.83	KM 20+805.72	KM 20+858.86	-5.839
40	TANGENTE					144.62	KM 20+858.86	KM 21+003.48	-5.839
41	CURVA	Izquierda	21d7'10"	145	5.40%	53.45	KM 21+003.48	KM 21+056.93	-5.839
42	TANGENTE					9.84	KM 21+056.93	KM 21+066.77	-5.839
43	CURVA	Derecha	64d55'10"	60	7.60%	67.98	KM 21+066.77	KM 21+134.75	-5.839
44	TANGENTE					5.32	KM 21+134.75	KM 21+140.07	-5.839
45	CURVA	Izquierda	9d33'31"	604.1	2.00%	100.78	KM 21+140.07	KM 21+246.52	-5.839
46	TANGENTE					44.71	KM 21+246.52	KM 21+291.23	-5.839
47	CURVA	Derecha	18d56'54"	200	4.60%	66.14	KM 21+291.23	KM 21+357.37	-5.839
48	TANGENTE					28.82	KM 21+357.37	KM 21+386.19	-5.839
49	CURVA	Izquierda	71d1'18"	45	8.00%	55.78	KM 21+386.19	KM 21+441.97	-5.839
50	TANGENTE					110.64	KM 21+441.97	KM 21+552.61	-5.839
51	CURVA	Derecha	65d41'49"	80	6.80%	91.73	KM 21+552.61	KM 21+644.34	-5.839
52	TANGENTE					27.67	KM 21+644.34	KM 21+672.01	-5.839
53	CURVA	Izquierda	48d18'0"	92.39	6.40%	77.88	KM 21+672.01	KM 21+759.58	-5.839
54	TANGENTE					39.73	KM 21+759.58	KM 21+799.31	-5.839
55	CURVA	Derecha	7d53'14"	375	3.00%	51.62	KM 21+799.31	KM 21+850.93	-5.839
56	TANGENTE					48.45	KM 21+850.93	KM 21+899.38	-5.839
57	CURVA	Izquierda	23d29'8"	175	5.00%	71.73	KM 21+899.38	KM 21+971.11	-5.839
58	TANGENTE					26.54	KM 21+971.11	KM 21+997.65	-5.839

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
59	CURVA	Derecha	47d17'22"	70	7.20%	57.77	KM 21+997.65	KM 22+054.72	-5.839
60	TANGENTE					20.07	KM 22+054.72	KM 22+074.79	-5.839
61	CURVA	Derecha	67d16'37"	52	7.20%	61.06	KM 22+074.79	KM 22+136.12	-5.839
62	TANGENTE					31.52	KM 22+136.12	KM 22+167.64	-5.839
63	CURVA	Izquierda	121d55'39"	48	8.00%	102.15	KM 22+167.64	KM 22+269.79	-5.839
64	TANGENTE					50.46	KM 22+269.79	KM 22+320.25	-5.839
65	CURVA	Derecha	52d54'55"	75	7.00%	69.27	KM 22+320.25	KM 22+389.52	-5.839
66	TANGENTE					121.39	KM 22+389.52	KM 22+510.91	-5.839
67	CURVA	Derecha	99d2'22"	50	8.00%	86.43	KM 22+510.91	KM 22+597.34	-7.282
68	TANGENTE					56.37	KM 22+597.34	KM 22+653.71	-7.282
69	CURVA	Izquierda	21d51'11"	146.4	5.40%	55.83	KM 22+653.71	KM 22+711.64	-7.282
70	TANGENTE					162.72	KM 22+711.64	KM 22+874.36	-7.282
71	CURVA	Derecha	89d13'11"	64	7.40%	99.66	KM 22+874.36	KM 22+977.43	-7.282
72	TANGENTE					38.61	KM 22+977.43	KM 23+016.04	-7.282
73	CURVA	Izquierda	176d22'35"	40	8.00%	123.13	KM 23+016.04	KM 23+139.17	-7.282
74	TANGENTE					117.09	KM 23+139.17	KM 23+256.26	7.005
75	CURVA	Izquierda	54d11'1"	80	6.80%	75.65	KM 23+256.26	KM 23+331.92	7.005
76	TANGENTE					21.44	KM 23+331.92	KM 23+353.36	7.005
77	CURVA	Derecha	28d11'8"	90	6.60%	44.27	KM 23+353.36	KM 23+397.64	7.005
78	TANGENTE					35.86	KM 23+397.64	KM 23+433.50	7.005
79	CURVA	Izquierda	53d5'15"	90	6.60%	83.39	KM 23+433.50	KM 23+516.89	7.005
80	TANGENTE					44.64	KM 23+516.89	KM 23+561.53	7.005
81	CURVA	Derecha	84d0'26"	50	8.00%	73.31	KM 23+561.53	KM 23+634.84	7.005
82	TANGENTE					41.12	KM 23+634.84	KM 23+675.96	7.005
83	CURVA	Izquierda	81d3'24"	98	6.20%	138.64	KM 23+675.96	KM 23+814.60	7.005
84	TANGENTE					46.65	KM 23+814.60	KM 23+861.25	7.005
85	CURVA	Derecha	103d10'13"	58	7.60%	104.44	KM 23+861.25	KM 23+965.69	-7.192
86	TANGENTE					235.39	KM 23+965.69	KM 24+201.08	-7.192
87	CURVA	Izquierda	128d0'45"	58	7.60%	129.59	KM 24+201.08	KM 24+330.67	4.915
88	TANGENTE					64.96	KM 24+330.67	KM 24+395.63	4.915
89	CURVA	Derecha	98d45'54"	60	7.60%	103.43	KM 24+395.63	KM 24+499.06	4.915
90	TANGENTE					111.33	KM 24+499.06	KM 24+610.39	4.915
91	CURVA	Izquierda	69d47'40"	50	8.00%	60.91	KM 24+610.39	KM 24+671.29	4.915
92	TANGENTE					41.01	KM 24+671.29	KM 24+712.30	4.915
93	CURVA	Derecha	38d22'10"	105	6.20%	70.32	KM 24+712.30	KM 24+782.47	4.915
94	TANGENTE					45.17	KM 24+782.47	KM 24+827.64	-4.351
95	CURVA	Izquierda	83d48'58"	45	8.00%	65.83	KM 24+827.64	KM 24+893.47	-4.351

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
96	TANGENTE					83.55	KM 24+893.47	KM 24+977.02	-4.351
97	CURVA	Derecha	64d1'59"	60	7.60%	67.06	KM 24+977.02	KM 25+044.07	-4.351
98	TANGENTE					36.73	KM 25+044.07	KM 25+080.80	-4.351
99	CURVA	Izquierda	45d57'31"	70	7.20%	56.15	KM 25+080.80	KM 25+136.95	-4.351
100	TANGENTE					22.7	KM 25+136.95	KM 25+159.65	-4.351
101	CURVA	Derecha	68d6'47"	45	8.00%	53.5	KM 25+159.65	KM 25+213.14	-4.351
102	TANGENTE					52.56	KM 25+213.14	KM 25+265.70	-4.351
103	CURVA	Izquierda	61d8'47"	70	7.20%	74.7	KM 25+265.70	KM 25+340.40	-4.351
104	TANGENTE					36.51	KM 25+340.40	KM 25+376.91	-4.351
105	CURVA	Derecha	104d39'27"	72	7.20%	131.52	KM 25+376.91	KM 25+508.43	-4.351
106	TANGENTE					30.48	KM 25+508.43	KM 25+538.91	-4.351
107	CURVA	Izquierda	91d4'52"	56	7.80%	89.02	KM 25+538.91	KM 25+627.93	-4.351
108	TANGENTE					40.65	KM 25+627.93	KM 25+668.58	-4.351
109	CURVA	Derecha	136d18'51"	94	6.40%	223.64	KM 25+668.58	KM 25+892.21	-6.821
110	TANGENTE					51.43	KM 25+892.21	KM 25+943.64	-6.821
111	CURVA	Izquierda	93d50'1"	67	7.40%	109.73	KM 25+943.64	KM 26+053.37	-6.821
112	TANGENTE					80.76	KM 26+053.37	KM 26+134.13	-6.821
113	CURVA	Izquierda	28d50'56"	100	6.20%	50.35	KM 26+134.13	KM 26+184.48	-6.821
114	TANGENTE					47.6	KM 26+184.48	KM 26+232.08	-6.821
115	CURVA	Derecha	71d56'29"	118	5.80%	148.16	KM 26+232.08	KM 26+380.25	-6.821
116	TANGENTE					191.73	KM 26+380.25	KM 26+571.98	-6.821
117	CURVA	Izquierda	41d44'9"	115	5.80%	83.77	KM 26+571.98	KM 26+655.75	-6.821
118	TANGENTE					162.73	KM 26+655.75	KM 26+818.48	-6.821
119	CURVA	Derecha	20d32'45"	170	5.00%	60.96	KM 26+818.48	KM 26+879.44	-6.821
120	TANGENTE					101.94	KM 26+879.44	KM 26+981.38	-6.821
121	CURVA	Derecha	16d28'22"	200	4.60%	57.5	KM 26+981.38	KM 27+038.88	-6.821
122	TANGENTE					92.56	KM 27+038.88	KM 27+131.44	-6.821
123	CURVA	Izquierda	32d30'40"	80	6.80%	45.39	KM 27+131.44	KM 27+176.84	-6.821
124	TANGENTE					20.62	KM 27+176.84	KM 27+197.46	-6.821
125	CURVA	Derecha	119d7'31"	35	8.00%	72.77	KM 27+197.46	KM 27+270.23	-6.821
126	TANGENTE					43.01	KM 27+270.23	KM 27+313.24	-6.821
127	CURVA	Izquierda	87d33'14"	40	8.00%	61.08	KM 27+313.24	KM 27+374.36	-6.821
128	TANGENTE					68.15	KM 27+374.36	KM 27+442.51	-6.821
129	CURVA	Derecha	72d24'17"	50	8.00%	63.16	KM 27+442.51	KM 27+505.70	-6.821
130	TANGENTE					30.73	KM 27+505.70	KM 27+536.43	-6.821
131	CURVA	Izquierda	168d5'29"	34.8	8.00%	102.01	KM 27+536.43	KM 27+638.52	-6.821
132	TANGENTE					34.45	KM 27+638.52	KM 27+672.97	4.566

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
133	CURVA	Derecha	59d35'22"	40	8.00%	41.57	KM 27+672.97	KM 27+714.57	4.566
134	TANGENTE					44.37	KM 27+714.57	KM 27+758.94	4.566
135	CURVA	Izquierda	19d38'16"	65	7.40%	22.27	KM 27+758.94	KM 27+781.22	4.566
136	TANGENTE					32.13	KM 27+781.22	KM 27+813.35	4.566
137	CURVA	Derecha	89d51'14"	51	8.00%	79.95	KM 27+813.35	KM 27+893.33	4.566
138	TANGENTE					308.07	KM 27+893.33	KM 28+201.40	-6.537
139	CURVA	Izquierda	76d4'27"	156	5.20%	207.12	KM 28+201.40	KM 28+408.53	-3.572
140	TANGENTE					196.95	KM 28+408.53	KM 28+605.48	-3.572
141	CURVA	Derecha	122d14'42"	56	7.80%	119.44	KM 28+605.48	KM 28+724.96	-6.899
142	TANGENTE					51	KM 28+724.96	KM 28+775.96	-6.899
143	CURVA	Izquierda	111d10'21"	77	7.00%	149.38	KM 28+775.96	KM 28+925.36	-6.899
144	TANGENTE					80.81	KM 28+925.36	KM 29+006.17	-6.899
145	CURVA	Derecha	49d29'36"	50	8.00%	43.17	KM 29+006.17	KM 29+049.36	-6.899
146	TANGENTE					30	KM 29+049.36	KM 29+079.36	-6.899
147	CURVA	Izquierda	66d31'11"	44	8.00%	51.06	KM 29+079.36	KM 29+130.44	-6.899
148	TANGENTE					79.15	KM 29+130.44	KM 29+209.59	-6.899
149	CURVA	Derecha	82d40'3"	55	7.80%	79.33	KM 29+209.59	KM 29+288.95	-6.899
150	TANGENTE					71.3	KM 29+288.95	KM 29+360.25	-6.899
151	CURVA	Izquierda	80d8'50"	60	7.60%	83.91	KM 29+360.25	KM 29+444.18	-6.899
152	TANGENTE					182.98	KM 29+444.18	KM 29+627.16	-2.619
153	CURVA	Derecha	52d59'17"	118	5.60%	109.12	KM 29+627.16	KM 29+736.28	-2.619
154	TANGENTE					191.84	KM 29+736.28	KM 29+928.12	-2.619
155	CURVA	Izquierda	27d53'52"	160	5.20%	77.9	KM 29+928.12	KM 30+006.06	-5.761
156	TANGENTE					175.62	KM 30+006.06	KM 30+181.68	-5.761
157	CURVA	Derecha	44d45'23"	97	6.40%	75.76	KM 30+181.68	KM 30+257.71	-5.761
158	TANGENTE					76.25	KM 30+257.71	KM 30+333.96	-5.761
159	CURVA	Izquierda	20d9'0"	177	5.00%	62.25	KM 30+333.96	KM 30+396.21	-5.761
160	TANGENTE					121.84	KM 30+396.21	KM 30+518.05	-5.761
161	CURVA	Izquierda	34d8'0"	135	5.60%	80.42	KM 30+518.05	KM 30+598.47	-5.761
162	TANGENTE					224.98	KM 30+598.47	KM 30+823.45	-5.761
163	CURVA	Izquierda	25d26'52"	189	4.80%	83.94	KM 30+823.45	KM 30+908.51	-5.761
164	TANGENTE					34.4	KM 30+908.51	KM 30+942.91	-5.761
165	CURVA	Derecha	42d38'48"	100	6.20%	74.42	KM 30+942.91	KM 31+017.43	-5.761
166	TANGENTE					491.63	KM 31+017.43	KM 31+509.06	-5.761
167	CURVA	Izquierda	36d54'8"	175	5.00%	112.71	KM 31+509.06	KM 31+622.34	6.121
168	TANGENTE					187.49	KM 31+622.34	KM 31+809.83	6.121
169	CURVA	Derecha	54d58'31"	145	5.40%	139.12	KM 31+809.83	KM 31+947.24	-6.841

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SENTIDO	DEFLEXIÓN	RADIO	PERALTE (%)	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PENDIENTE (%)
170	TANGENTE					406.19	KM 31+947.24	KM 32+353.43	-6.841
171	CURVA	Izquierda	7d41'28"	420	2.80%	56.38	KM 32+353.43	KM 32+409.81	5.336
172	TANGENTE					90.19	KM 32+409.81	KM 32+500.00	5.336

Fuente: Planos de Diseños Geométricos y Esta investigación

6.2. VELOCIDADES DE OPERACIÓN

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

El cuadro 4 muestra el procedimiento de medición y análisis de velocidades correspondientes para el elemento No. 1, para los 172 elementos el procedimiento será el mismo.

Cuadro 4. Información Obtenida de la Medición de velocidad de Operación para el Elemento No. 1.

	ESTUDIO DE VELOCIDAD PUNTUAL MEDIDAS DE VELOCIDAD FORMATO DE CAMPO	UNIVERSIDAD DE NARIÑO KMOGRAMA DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Fecha: <u>01/16/ 2013</u> Hora Inicio: <u>06:30 a.m.</u> Hora Final: <u>03:20 p.m.</u> Aforador: <u>DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA</u>	Localización: <u>ELEMENTO C1</u> Estado del pavimento: <u>BUENO</u> Condición Climática: <u>SOLEADO</u>	Hoja No: <u>1</u> De <u>172</u> Sentido: <u>N-S</u> Procedimiento: <u>SOLEADO</u> Supervisor: <u>JEISSON ALEXANDER GOMEZ</u>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">No</th> <th colspan="4">Lectura (KPH)</th> <th colspan="2">Carga</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th colspan="2">C2</th> <th>Si</th> <th>No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>37</td><td>33</td><td>27</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>32</td><td>28</td><td>30</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>41</td><td>35</td><td>31</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>40</td><td>32</td><td>30</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>38</td><td>33</td><td>32</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>45</td><td>38</td><td>30</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>33</td><td>34</td><td>36</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>44</td><td>37</td><td>28</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>40</td><td>33</td><td>28</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>43</td><td>42</td><td>34</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>36</td><td>44</td><td>31</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>40</td><td>30</td><td>41</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>39</td><td>36</td><td>28</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>42</td><td>29</td><td>35</td><td>G</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>15</td><td>45</td><td>35</td><td>36</td><td>G</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>16</td><td>36</td><td>34</td><td>26</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>42</td><td>39</td><td>32</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>40</td><td>31</td><td>30</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td>42</td><td>34</td><td>33</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>45</td><td>36</td><td>34</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>37</td><td>38</td><td>32</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>44</td><td>36</td><td>29</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>43</td><td>35</td><td>33</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td>41</td><td>32</td><td>36</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td>39</td><td>38</td><td>33</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td>33</td><td>39</td><td>34</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td>40</td><td>34</td><td>41</td><td>G</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>28</td><td>35</td><td>42</td><td>38</td><td>P</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>29</td><td>41</td><td>31</td><td>30</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>37</td><td>37</td><td>32</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td>39</td><td>34</td><td>33</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>32</td><td>41</td><td>39</td><td>36</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>33</td><td>33</td><td>37</td><td>29</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> </tbody> </table>	No	Lectura (KPH)				Carga		A	B	C2		Si	No	1	37	33	27	P	X		2	32	28	30	G	X		3	41	35	31	G	X		4	40	32	30	G	X		5	38	33	32	P	X		6	45	38	30	P	X		7	33	34	36	P	X		8	44	37	28	G	X		9	40	33	28	P	X		10	43	42	34	P	X		11	36	44	31	G	X		12	40	30	41	G	X		13	39	36	28	P	X		14	42	29	35	G		X	15	45	35	36	G		X	16	36	34	26	P	X		17	42	39	32	P	X		18	40	31	30	P	X		19	42	34	33	G	X		20	45	36	34	P	X		21	37	38	32	P	X		22	44	36	29	G	X		23	43	35	33	P	X		24	41	32	36	P	X		25	39	38	33	G	X		26	33	39	34	P	X		27	40	34	41	G		X	28	35	42	38	P		X	29	41	31	30	G	X		30	37	37	32	G	X		31	39	34	33	G	X		32	41	39	36	G	X		33	33	37	29	P	X		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">No</th> <th colspan="4">Lectura (KPH)</th> <th colspan="2">Carga</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th colspan="2">C2</th> <th>Si</th> <th>No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>34</td><td>41</td><td>45</td><td>33</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>35</td><td>37</td><td>32</td><td>31</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>36</td><td>42</td><td>39</td><td>29</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>37</td><td>39</td><td>30</td><td>40</td><td>P</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>38</td><td>36</td><td>37</td><td>28</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>39</td><td>45</td><td>34</td><td>36</td><td>G</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>40</td><td>42</td><td>39</td><td>33</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>41</td><td>43</td><td>32</td><td>27</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>42</td><td>43</td><td>38</td><td>31</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>43</td><td>48</td><td>36</td><td>32</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>44</td><td>37</td><td>35</td><td>30</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td>35</td><td>32</td><td>34</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>46</td><td>44</td><td>38</td><td>32</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>47</td><td>40</td><td>39</td><td>29</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>48</td><td>37</td><td>35</td><td>35</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>49</td><td>44</td><td>44</td><td>37</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td>40</td><td>33</td><td>33</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>51</td><td>45</td><td>38</td><td>36</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>52</td><td>38</td><td>33</td><td>40</td><td>G</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>53</td><td>42</td><td>40</td><td>34</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>54</td><td>39</td><td>38</td><td>38</td><td>P</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>55</td><td>43</td><td>33</td><td>30</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>56</td><td>37</td><td>30</td><td>33</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>57</td><td>34</td><td>35</td><td>30</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>58</td><td>42</td><td>37</td><td>36</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>59</td><td>39</td><td>32</td><td>28</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>36</td><td>38</td><td>27</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>61</td><td>35</td><td>34</td><td>30</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>62</td><td>39</td><td>40</td><td>32</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td>43</td><td>37</td><td>34</td><td>P</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>64</td><td>45</td><td>33</td><td>35</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>65</td><td>40</td><td>41</td><td>30</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>66</td><td>38</td><td>42</td><td>26</td><td>G</td><td>X</td><td></td></tr> </tbody> </table>	No	Lectura (KPH)				Carga		A	B	C2		Si	No	34	41	45	33	G	X		35	37	32	31	P	X		36	42	39	29	G	X		37	39	30	40	P		X	38	36	37	28	P	X		39	45	34	36	G		X	40	42	39	33	G	X		41	43	32	27	G	X		42	43	38	31	P	X		43	48	36	32	P	X		44	37	35	30	G	X		45	35	32	34	G	X		46	44	38	32	P	X		47	40	39	29	G	X		48	37	35	35	P	X		49	44	44	37	P	X		50	40	33	33	G	X		51	45	38	36	P	X		52	38	33	40	G		X	53	42	40	34	G	X		54	39	38	38	P		X	55	43	33	30	P	X		56	37	30	33	G	X		57	34	35	30	G	X		58	42	37	36	G	X		59	39	32	28	P	X		60	36	38	27	G	X		61	35	34	30	G	X		62	39	40	32	G	X		63	43	37	34	P	X		64	45	33	35	G	X		65	40	41	30	G	X		66	38	42	26	G	X	
No		Lectura (KPH)				Carga																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		A	B	C2		Si	No																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	1	37	33	27	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
2	32	28	30	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3	41	35	31	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4	40	32	30	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5	38	33	32	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6	45	38	30	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
7	33	34	36	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8	44	37	28	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
9	40	33	28	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
10	43	42	34	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	36	44	31	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
12	40	30	41	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
13	39	36	28	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
14	42	29	35	G		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15	45	35	36	G		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
16	36	34	26	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
17	42	39	32	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
18	40	31	30	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	42	34	33	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20	45	36	34	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
21	37	38	32	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
22	44	36	29	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
23	43	35	33	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
24	41	32	36	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
25	39	38	33	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
26	33	39	34	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
27	40	34	41	G		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
28	35	42	38	P		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
29	41	31	30	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	37	37	32	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
31	39	34	33	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
32	41	39	36	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
33	33	37	29	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
No	Lectura (KPH)				Carga																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	A	B	C2		Si	No																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	34	41	45	33	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
35	37	32	31	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
36	42	39	29	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
37	39	30	40	P		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
38	36	37	28	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
39	45	34	36	G		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
40	42	39	33	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
41	43	32	27	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
42	43	38	31	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
43	48	36	32	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
44	37	35	30	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
45	35	32	34	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
46	44	38	32	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
47	40	39	29	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
48	37	35	35	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
49	44	44	37	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
50	40	33	33	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
51	45	38	36	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
52	38	33	40	G		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
53	42	40	34	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
54	39	38	38	P		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
55	43	33	30	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
56	37	30	33	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
57	34	35	30	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
58	42	37	36	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
59	39	32	28	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
60	36	38	27	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
61	35	34	30	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
62	39	40	32	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
63	43	37	34	P	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
64	45	33	35	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
65	40	41	30	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
66	38	42	26	G	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Notas: ¹ Velocidad que indique el radar. 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																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Observaciones _____ Firma Supervisor _____ Firma Aforador _____																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Fuente: Esta Investigación

Con la información recolectada en el cuadro No. 4 se procede al análisis estadístico de los datos que permite obtener los intervalos de clase para identificar las frecuencias relativa y acumulada con el fin de obtener el percentil 85 que establece la velocidad de operación con la que el 85 % de los conductores transitan.

Como se observa en el cuadro No 5 para el elemento No 1.

Cuadro 5. Tabla de Frecuencias Relativas y Acumuladas de Autos en sentido N-S del Elemento No. 1

INTERVALO DE CLASE GRUPOS DE VELOCIDAD (KM/H)		PUNTO MEDIO Vi(KM/H)	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA	
			ABSOLUTA fi	RELATIVA fi (%)	ABSOLUTA fia	RELATIVA fia (%)
32.00	33.99	33.00	4.00	6.15	4.00	6.15
34.00	35.99	35.00	4.00	6.15	8.00	12.31
36.00	37.99	37.00	11.00	16.92	19.00	29.23
38.00	39.99	39.00	9.00	13.85	28.00	43.08
40.00	41.99	41.00	13.00	20.00	41.00	63.08
42.00	43.99	43.00	13.00	20.00	54.00	83.08
44.00	45.99	45.00	10.00	15.38	64.00	98.46
46.00	48.00	47.00	1.00	1.54	65.00	100.00
			65.00	100.00		

Fuente: Esta Investigación

Según la anterior información y el análisis estadístico (Ver anexo B) se establece como percentil 85 la velocidad de operación correspondiente a 44 Km/h.

Cuadro 6. Tabla de Frecuencias Relativas y Acumuladas de Buses en sentido N-S del Elemento No. 1

INTERVALO DE CLASE GRUPOS DE VELOCIDAD (KM/H)		PUNTO MEDIO Vi(KM/H)	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA	
			ABSOLUTA fi	RELATIVA fi (%)	ABSOLUTA fia	RELATIVA fia (%)
28.00	30.12	29.06	5.00	7.69	5.00	7.69
30.13	32.24	31.18	8.00	12.31	13.00	20.00
32.25	34.37	33.31	14.00	21.54	27.00	41.54
34.38	36.49	35.43	10.00	15.38	37.00	56.92
36.50	38.62	37.56	14.00	21.54	51.00	78.46
38.63	40.74	39.68	8.00	12.31	59.00	90.77

INTERVALO DE CLASE GRUPOS DE VELOCIDAD (KM/H)		PUNTO MEDIO Vi(KM/H)	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA	
			ABSOLUTA fi	RELATIVA fi (%)	ABSOLUTA fia	RELATIVA fia (%)
40.75	42.87	41.81	3.00	4.62	62.00	95.38
42.88	45.00	43.94	3.00	4.62	65.00	100.00
			65.00	100.00		

Fuente: Esta Investigación

Según la anterior información y el análisis estadístico (Ver anexo B) se establece como percentil 85 la velocidad de operación correspondiente a 39 Km/h.

Cuadro 7. Tabla de Frecuencias Relativas y Acumuladas de Camiones en sentido N-S del Elemento No. 1

INTERVALO DE CLASE GRUPOS DE VELOCIDAD (KM/H)		PUNTO MEDIO Vi(KM/H)	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA	
			ABSOLUTA fi	RELATIVA fi (%)	ABSOLUTA fia	RELATIVA fia (%)
26.00	27.87	26.93	4.00	6.15	4.00	6.15
27.88	29.74	28.81	9.00	13.85	13.00	20.00
29.75	31.62	30.68	14.00	21.54	27.00	41.54
31.63	33.49	32.56	15.00	23.08	42.00	64.62
33.50	35.37	34.43	9.00	13.85	51.00	78.46
35.38	37.24	36.31	8.00	12.31	59.00	90.77
37.25	39.12	38.18	2.00	3.08	61.00	93.85
39.13	41.00	40.06	4.00	6.15	65.00	100.00
			65.00	100.00		

Fuente: Esta Investigación

Según la anterior información y el análisis estadístico (Ver anexo B) se establece como percentil 85 la velocidad de operación correspondiente a 36 Km/h.

Con base en el anterior procedimiento se realizó un cuadro de resumen (cuadro No 8), en el que se identifican las velocidades de operación en sentido norte-sur y sur-norte correspondientes a todos los elementos del tramo.

Cuadro 8. Velocidades de Operación.

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)			VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)		
		SENTIDO NORTE-SUR			SENTIDO SUR-NORTE		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
1	KM 18+971.875	44.00	39.00	36.00	45.00	42.00	36.00

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)			VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)		
		SENTIDO NORTE-SUR			SENTIDO SUR-NORTE		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
2	KM 19+029.065	56.00	48.00	41.00	49.40	46.00	38.40
3	KM 19+061.85	56.40	48.00	41.00	51.00	48.80	40.00
4	KM 19+104.015	57.00	48.00	41.00	51.00	48.40	40.00
5	KM 19+151.11	49.00	44.40	37.40	48.00	44.00	41.00
6	KM 19+185.335	52.00	49.00	39.00	48.00	44.00	41.00
7	KM 19+233.59	51.40	49.00	39.00	48.00	42.00	42.00
8	KM 19+286.62	68.40	49.00	49.00	57.40	51.00	45.40
9	KM 19+340.155	67.40	49.40	50.00	59.00	52.00	48.40
10	KM 19+399.465	57.80	45.40	42.40	51.00	47.00	43.80
11	KM 19+455.575	57.00	45.40	43.40	53.40	49.40	45.00
12	KM 19+541.94	55.60	46.00	44.40	54.00	49.00	48.40
13	KM 19+615.38	57.20	44.00	42.40	52.00	46.00	44.00
14	KM 19+650.095	51.00	50.00	45.00	52.00	46.00	44.00
15	KM 19+687.24	51.00	50.00	45.00	64.00	53.00	49.40
16	KM 19+728.065	52.00	50.00	45.00	60.40	50.00	45.40
17	KM 19+795.95	49.00	44.40	40.40	50.00	46.40	40.00
18	KM 19+864.72	42.40	39.00	37.00	44.40	43.00	38.00
19	KM 19+921.455	44.00	40.40	39.00	42.00	40.00	35.40
20	KM 19+998.32	54.40	39.00	36.00	45.00	42.00	36.00
21	KM 20+085.895	52.40	48.40	41.00	48.40	45.00	40.00
22	KM 20+147.71	50.00	48.40	42.00	50.00	44.00	42.00
23	KM 20+177.37	48.80	49.00	42.00	50.00	44.00	41.40
24	KM 20+211.63	48.80	49.00	42.00	50.00	44.40	42.00
25	KM 20+243.875	48.40	45.00	40.00	48.00	44.00	41.00
26	KM 20+278.57	55.00	51.00	40.00	48.40	44.40	40.40
27	KM 20+318.385	53.40	51.00	40.00	52.40	44.60	42.00
28	KM 20+354.13	57.00	50.00	38.40	52.00	44.60	42.00
29	KM 20+383.915	57.00	50.00	38.40	53.00	50.00	40.00
30	KM 20+425.76	58.00	52.00	40.40	55.00	51.40	42.00
31	KM 20+473.57	56.00	50.40	39.00	53.00	50.00	40.00
32	KM 20+513.075	56.00	50.40	39.40	54.00	50.00	40.00
33	KM 20+551.535	55.40	50.00	40.00	55.40	50.00	39.40
34	KM 20+590.825	55.40	49.00	37.00	51.00	48.00	38.00
35	KM 20+655.01	49.00	47.00	39.40	49.00	50.00	37.00
36	KM 20+718.565	52.40	49.00	40.00	48.00	44.00	38.00
37	KM 20+757.905	52.00	48.40	40.00	47.00	43.40	37.00
38	KM 20+792.83	61.00	55.00	50.00	47.00	43.40	37.00

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)			VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)		
		SENTIDO NORTE-SUR			SENTIDO SUR-NORTE		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
39	KM 20+832.29	61.00	55.00	50.00	68.00	66.40	60.00
40	KM 20+931.17	62.00	55.00	50.40	69.00	65.00	60.00
41	KM 21+030.205	59.00	52.00	48.00	66.00	62.00	57.00
42	KM 21+061.85	59.40	51.00	46.00	66.00	62.00	57.00
43	KM 21+100.76	59.40	51.00	46.00	55.80	50.00	44.00
44	KM 21+137.41	59.00	55.40	49.00	55.80	50.00	44.40
45	KM 21+193.295	58.40	55.40	49.00	67.40	60.00	55.00
46	KM 21+268.875	58.00	56.00	49.00	68.00	61.00	55.00
47	KM 21+324.3	58.00	54.40	48.40	65.40	60.00	54.00
48	KM 21+371.78	59.00	55.00	50.00	64.40	60.00	55.00
49	KM 21+414.08	52.40	50.00	45.00	52.00	47.00	44.00
50	KM 21+497.29	64.00	57.00	48.40	61.00	54.00	51.00
51	KM 21+598.475	62.00	61.00	50.00	64.00	60.00	52.00
52	KM 21+658.175	60.40	55.00	40.40	64.00	60.00	52.00
53	KM 21+715.795	60.40	55.00	40.40	62.00	52.40	52.40
54	KM 21+779.445	63.00	65.80	49.40	70.40	61.00	53.00
55	KM 21+825.12	62.00	64.00	49.00	69.40	60.40	52.40
56	KM 21+875.155	64.40	66.20	50.80	72.40	62.00	55.40
57	KM 21+935.245	61.40	64.00	50.40	72.00	60.00	51.00
58	KM 21+984.38	56.00	55.00	46.40	71.40	60.40	51.00
59	KM 22+026.185	56.40	55.00	46.40	63.40	59.00	50.00
60	KM 22+064.755	55.00	53.00	42.40	64.00	59.00	50.00
61	KM 22+105.455	55.00	53.00	42.40	61.40	56.00	49.00
62	KM 22+151.88	50.00	47.40	40.00	51.00	47.40	42.00
63	KM 22+218.715	50.00	47.40	40.00	50.40	47.00	41.00
64	KM 22+295.02	59.00	57.00	45.00	52.00	47.00	41.00
65	KM 22+354.885	59.00	57.00	46.00	63.00	56.00	52.40
66	KM 22+450.215	59.00	55.00	42.00	68.00	51.40	46.80
67	KM 22+554.125	55.00	52.80	46.00	54.00	55.40	47.00
68	KM 22+625.525	64.00	52.00	42.00	57.00	50.00	48.00
69	KM 22+682.675	59.40	60.00	48.00	57.40	50.40	48.40
70	KM 22+793.00	58.80	60.00	46.00	73.00	67.00	56.00
71	KM 22+925.895	56.00	51.40	45.00	58.40	52.00	42.00
72	KM 22+996.735	58.00	51.00	45.00	60.40	51.40	42.40
73	KM 23+077.605	48.00	45.00	42.00	51.00	50.00	42.00
74	KM 23+197.715	68.80	62.00	56.00	56.00	52.00	44.40
75	KM 23+294.09	57.40	60.00	49.00	60.00	54.00	49.40

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)			VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)		
		SENTIDO NORTE-SUR			SENTIDO SUR-NORTE		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
76	KM 23+342.64	63.00	59.40	53.40	59.00	53.40	47.40
77	KM 23+375.5	63.00	60.00	55.00	60.00	54.40	49.40
78	KM 23+415.57	63.40	61.00	56.00	60.40	53.40	48.40
79	KM 234+75.195	63.40	61.00	56.40	62.00	52.00	45.00
80	KM 23+539.21	64.00	61.00	56.40	62.40	52.00	45.00
81	KM 23+598.185	55.40	51.00	46.00	60.00	60.00	53.40
82	KM 23+655.4	63.00	56.00	47.80	57.40	52.00	47.20
83	KM 23+745.28	62.00	56.00	48.80	58.00	52.40	48.20
84	KM 23+837.925	54.40	52.00	45.40	62.00	56.40	47.40
85	KM 23+913.47	55.00	51.40	45.00	53.00	50.00	40.40
86	KM 24+083.385	61.00	59.00	55.00	70.40	65.40	58.00
87	KM 24+265.875	53.00	54.00	45.20	57.00	56.00	50.00
88	KM 24+363.15	57.00	56.00	45.00	57.00	54.00	50.00
89	KM 24+447.345	53.00	50.00	50.00	57.00	52.00	52.00
90	KM 24+554.725	58.00	56.00	51.40	55.00	52.40	47.00
91	KM 24+640.84	60.00	54.00	42.00	54.40	51.00	47.00
92	KM 24+691.795	56.40	52.00	43.00	54.40	52.00	47.00
93	KM 24+747.385	56.00	51.40	41.40	51.00	50.40	42.00
94	KM 24+805.055	49.00	46.00	40.00	53.00	50.00	41.00
95	KM 24+860.555	49.00	45.40	40.00	50.00	46.00	40.00
96	KM 24+935.245	55.00	48.00	48.40	57.00	53.40	40.80
97	KM 25+010.545	54.00	53.00	48.00	57.00	53.00	46.00
98	KM 25+062.435	56.00	50.00	41.00	57.00	54.00	47.00
99	KM 25+108.875	53.40	49.00	40.00	57.00	50.00	45.00
100	KM 25+148.30	54.00	48.00	40.00	56.40	49.00	45.00
101	KM 25+186.395	55.00	52.00	45.00	51.00	49.00	41.40
102	KM 25+239.42	60.00	57.00	48.00	52.00	49.00	43.00
103	KM 25+303.05	59.00	56.00	49.00	55.00	50.00	42.80
104	KM 25+358.655	57.40	49.00	50.00	56.00	50.00	43.00
105	KM 25+442.67	55.40	48.00	49.00	50.00	51.00	43.00
106	KM 25+523.67	55.00	51.00	45.00	51.40	51.00	43.00
107	KM 25+583.42	55.00	51.00	45.00	48.80	49.00	43.00
108	KM 25+648.255	60.00	60.00	48.00	50.40	49.00	43.00
109	KM 25+780.395	59.40	59.40	48.00	59.00	56.00	44.00
110	KM 25+917.925	58.00	52.00	42.00	59.40	56.00	44.00
111	KM 25+998.505	57.40	52.40	42.00	58.40	51.00	42.00
112	KM 26+093.75	63.00	57.40	49.00	64.00	57.00	49.60

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)			VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)		
		SENTIDO NORTE-SUR			SENTIDO SUR-NORTE		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
113	KM 26+159.305	57.00	52.00	41.00	59.00	52.00	41.00
114	KM 26+208.28	63.40	53.00	48.00	59.00	52.40	41.40
115	KM 26+306.165	64.40	53.00	48.40	61.40	51.00	51.40
116	KM 26+476.115	58.40	59.00	52.40	70.00	60.00	55.60
117	KM 26+613.865	59.40	50.00	45.40	62.00	59.00	45.00
118	KM 26+737.115	60.00	55.40	48.80	64.00	59.00	46.00
119	KM 26+848.96	60.00	53.40	40.40	72.80	61.40	56.00
120	KM 26+930.41	60.00	54.00	40.00	72.40	61.00	56.40
121	KM 27+010.13	55.00	50.00	40.00	72.00	60.00	56.40
122	KM 27+085.16	55.00	50.00	40.00	71.00	59.40	60.00
123	KM 27+154.14	50.00	44.00	41.00	62.00	60.00	41.80
124	KM 27+187.15	48.00	45.00	42.40	60.00	58.00	40.40
125	KM 27+233.845	48.00	47.00	44.00	46.00	41.00	38.40
126	KM 27+291.735	47.00	44.00	41.00	50.00	45.00	41.00
127	KM 27+343.80	47.00	45.00	42.00	49.00	45.00	41.40
128	KM 27+408.435	51.40	47.40	44.00	49.00	46.00	41.00
129	KM 27+474.105	48.40	44.00	36.00	57.00	48.00	45.00
130	KM 27+521.065	49.00	43.40	34.40	57.40	47.00	44.00
131	KM 27+587.475	42.40	37.00	37.00	45.00	41.00	38.00
132	KM 27+655.745	45.00	44.00	37.40	43.40	42.00	38.40
133	KM 27+693.77	51.00	48.00	46.00	50.00	48.00	44.00
134	KM 27+736.755	50.00	49.40	46.00	48.00	44.00	41.40
135	KM 27+770.08	50.00	46.00	41.00	48.00	44.00	40.40
136	KM 27+797.285	50.00	45.40	40.00	50.00	47.40	41.00
137	KM 27+853.34	52.00	45.40	40.00	49.00	46.00	44.00
138	KM27+996.024	51.40	48.40	39.40	50.00	44.80	44.00
138	KM28+098.713	54.40	47.00	42.00	53.40	44.40	41.00
139	KM 28+304.965	60.40	59.00	55.40	62.40	55.40	49.20
140	KM 28+507.005	56.40	52.00	45.40	62.20	56.80	46.00
141	KM 28+665.22	52.00	46.00	44.00	52.00	47.40	40.00
142	KM 28+750.46	55.40	50.00	47.00	52.00	54.40	41.00
143	KM 28+850.66	53.40	50.00	43.00	59.00	50.00	44.00
144	KM 28+965.765	52.00	49.40	39.00	55.00	51.40	45.00
145	KM 29+027.765	50.40	46.00	42.80	58.00	56.80	42.80
146	KM 29+064.36	51.00	51.00	45.00	58.00	56.80	42.00
147	KM 29+104.9	50.40	50.00	45.00	51.40	46.00	41.40

ELEMENTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)			VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)		
		SENTIDO NORTE-SUR			SENTIDO SUR-NORTE		
		AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
148	KM 29+170.015	54.00	53.40	48.00	54.00	56.00	46.80
149	KM 29+249.27	56.00	54.40	50.00	51.40	49.00	44.40
150	KM 29+324.6	52.40	49.00	45.00	53.00	56.40	46.00
151	KM 29+402.215	56.00	53.00	50.40	55.40	52.00	45.00
152	KM 29+535.67	65.00	62.00	50.00	66.40	63.00	58.40
153	KM 29+681.72	61.00	63.00	53.40	59.40	57.00	51.00
154	KM 29+832.20	60.00	62.00	43.40	65.00	63.00	53.00
155	KM 29+967.09	60.80	56.00	45.00	64.20	60.00	50.00
156	KM 30+093.87	49.40	55.00	43.00	67.00	59.00	46.40
157	KM 30+219.695	54.40	57.00	46.00	51.40	51.00	37.40
158	KM 30+295.835	61.00	60.00	48.80	61.00	59.00	52.00
159	KM 30+365.085	70.40	68.00	61.80	54.00	51.00	45.40
160	KM 30+457.13	70.40	64.00	57.00	71.00	64.00	56.40
161	KM 30+558.26	68.40	60.40	56.20	66.80	62.00	56.00
162	KM 30+710.96	69.40	61.40	55.00	66.40	66.80	58.00
163	KM 30+865.98	67.00	66.00	50.40	79.00	71.00	60.00
164	KM 30+925.71	65.40	65.40	50.00	79.00	72.00	60.00
165	KM 30+980.17	65.80	68.40	56.00	67.00	68.00	60.00
166	KM 31+263.245	83.00	79.40	71.40	92.80	72.40	74.00
167	KM 31+565.70	65.40	65.60	56.40	81.40	78.40	58.40
168	KM 31+716.085	70.20	67.40	51.00	71.40	69.00	61.40
169	KM 31+878.535	63.00	80.00	52.40	66.00	62.00	59.40
170	KM 32+150.335	82.40	84.20	72.00	80.00	78.40	70.40
171	KM 32+381.62	79.40	80.40	69.40	59.40	63.40	55.40
172	KM 32+454.905	54.00	49.40	42.00	60.80	64.00	57.60

Fuente: Esta Investigación

6.3. VELOCIDADES DE DISEÑO

6.3.1. Velocidades Específicas en Curvas Horizontales (VCH)

La velocidad Específica en Curvas Horizontales (VCH), de acuerdo a lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de 2008 del INVIAS; se establece de la siguiente manera:

“Una vez asignada la Velocidad Específica (VCH) a cada curva horizontal y con el Radio de curvatura elegido (RC), que se supone es el que permite ajustar de la mejor manera la trayectoria de la curva a la topografía del terreno, es necesario

asignar el peralte que debe tener dicha curva para que con su Radio (RC) permita que los vehículos puedan circular con plena seguridad a la Velocidad Específica (VCH)²². (Ver cuadro No 9)

Cuadro 9. Radios (Rc) según Velocidad Específica (VCH) y Peraltes (e) para e máx. = 8%

e (%)	VCH=40	VCH=50	VCH=60	VCH=70	VCH=80	VCH=90	VCH=100	VCH=110	VCH=120	VCH=130
	km/h	km/h	km/h	km/h						
	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)						
1,5	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
2,0	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2,2	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2,4	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2,6	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2,8	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3,0	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3,2	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3,4	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3,6	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3,8	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4,0	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4,2	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4,4	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4,6	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4,8	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5,0	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5,2	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5,4	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5,6	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5,8	115	185	270	382	494	625	781	733	1150	1310
6,0	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6,2	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6,4	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6,6	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6,8	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7,0	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7,2	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040

²² Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008

e (%)	VCH=40	VCH=50	VCH=60	VCH=70	VCH=80	VCH=90	VCH=100	VCH=110	VCH=120	VCH=130
	km/h	km/h	km/h	km/h						
	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)						
7,4	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7,6	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7,8	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8,0	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS, 2008.

Para determinar la velocidad específica para las curvas, se ingresó a la tabla con el valor del peralte y el radio de la curva y se encontró la velocidad específica correspondiente a la curva mediante interpolación.

A continuación se establece el procedimiento aplicado para el cálculo de velocidad específica para la curva correspondiente al elemento No 3 del tramo en estudio, para las demás curvas del tramo el procedimiento es el mismo (ver cuadro 11).

Radio (Rc): 67m

Peralte (e): 8%

Con el peralte y el radio se determina los datos de velocidad específica para los extremos del rango en el que se encuentra el radio de la curva:

Para un peralte de 8% y: Rc de 41m, VCH = 40 KPH

Para un peralte de 8% y: Rc de 67m, VCH = X KPH

Para un peralte de 8% y: Rc de 73m, VCH = 50 KPH

Se procede a interpolar los valores para encontrar la velocidad que le corresponde a la curva en análisis que tiene Rc = 96,472m:

(73 - 41)..... (50-40)

(67 - 41)..... X

X = 8,13 KPH

VCH para la curva No.3 = 40 KPH + 8,13 KPH = 48,13 KPH.

6.3.2. Velocidades Específicas en Entretangencias Horizontales (VETH)

En relación con este aspecto, el Manual de Diseño Geométrico, contempla: “En carreteras de una calzada, un vehículo puede ingresar a la entretangencia saliendo de la curva horizontal localizada en un extremo, que tiene una determinada Velocidad Específica (VCH), o saliendo de la curva localizada en el otro extremo, que también tiene su propia Velocidad Específica (VCH). Los vehículos van a circular por la entretangencia 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 mayor. En consecuencia, la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH) debe ser igual a la mayor de las dos Velocidades Específicas de las curvas horizontales extremas”.

Con base en la anterior información se establece el procedimiento para la identificación de la velocidad específica en la entretangencia identificada como elemento No.2. Para las demás entretangencias se utilizó el mismo procedimiento (ver cuadro 11).

VCH para elemento No.1 = 38,44 KPH

VCH para elemento No.3 = 48,13 KPH

La velocidad específica para el elemento No.2, corresponde a la mayor de las velocidades en este caso VCH para elemento No.2 = 48,13 KPH

6.3.3 Velocidad de tramo

El literal 2.1.2 del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008, respecto a los valores de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo (VTR) menciona: “La Velocidad de Diseño de un tramo homogéneo (VTR) está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. A un tramo homogéneo se le puede asignar una Velocidad de diseño (VTR) en el rango que se indica en el cuadro 10. En ella se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país.”²³

Cuadro 10. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) 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 Geométrico de Carreteras del INVIAS, 2008.

²³ Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008

Tanto la velocidad específica y del tramo, de cada elemento del trayecto PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO) KM 19+000 – KM 32+500, se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Velocidades Específicas de los Elementos y Velocidad de los tramos Homogéneos.

ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	RADIO (m)	PERALTE (%)	VELOCIDAD (km/h)	
					ESPECIFICA	TRAMO
1	CURVA	PALMA ALTO-CHACHAGÜI	36	8.00%	38.44	30
2	TANGENTE				48.13	30
3	CURVA		67	8.00%	48.13	30
4	TANGENTE				48.13	30
5	CURVA		45	8.00%	41.25	30
6	TANGENTE				41.25	30
7	CURVA		40	8.00%	39.69	30
8	TANGENTE				40.40	30
9	CURVA		75	7.00%	40.40	30
10	TANGENTE				40.40	30
11	CURVA		100	6.20%	40.32	30
12	TANGENTE				40.40	30
13	CURVA		75	7.00%	40.40	30
14	TANGENTE				40.43	30
15	CURVA		70	7.20%	40.43	30
16	TANGENTE				42.81	30
17	CURVA		50	8.00%	42.81	30
18	TANGENTE				42.81	30
19	CURVA		30	8.00%	36.56	30
20	TANGENTE				42.19	30
21	CURVA		48	8.00%	42.19	30
22	TANGENTE				42.19	30
23	CURVA		39.32	8.00%	39.48	30
24	TANGENTE				39.69	30
25	CURVA		40	8.00%	39.69	30
26	TANGENTE				39.69	30
27	CURVA		35	8.00%	38.13	30
28	TANGENTE				40.43	30
29	CURVA		70	7.20%	40.43	30
30	TANGENTE				40.79	30

ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	RADIO (m)	PERALTE (%)	VELOCIDAD (km/h)	
					ESPECIFICA	TRAMO
31	CURVA	PALMA ALTO-CHACHAGÜI	55	7.80%	40.79	30
32	TANGENTE				62.18	30
33	CURVA		125	8.00%	62.18	30
34	TANGENTE				62.18	30
35	CURVA		50	8.00%	42.81	30
36	TANGENTE				42.81	30
37	CURVA		40	8.00%	39.69	30
38	TANGENTE				40.68	30
39	CURVA		130	5.60%	40.68	30
40	TANGENTE				41.17	30
41	CURVA		145	5.40%	41.17	30
42	TANGENTE				41.17	30
43	CURVA		60	7.60%	40.71	30
44	TANGENTE				41.50	30
45	CURVA		604.07	2.00%	41.50	30
46	TANGENTE				41.50	30
47	CURVA		200	4.60%	40.90	30
48	TANGENTE				41.25	30
49	CURVA		45	8.00%	41.25	30
50	TANGENTE				41.25	30
51	CURVA		80	6.80%	40.19	30
52	TANGENTE				40.23	30
53	CURVA		92.39	6.40%	40.23	30
54	TANGENTE				45.00	30
55	CURVA		375	3.00%	45.00	30
56	TANGENTE				45.00	30
57	CURVA		175	5.00%	41.45	30
58	TANGENTE				41.45	30
59	CURVA		70	7.20%	40.43	30
60	TANGENTE				40.43	30
61	CURVA		52	7.20%	36.60	30
62	TANGENTE				42.19	30
63	CURVA		48	8.00%	42.19	30
64	TANGENTE				42.19	30
65	CURVA		75	7.00%	40.40	30
66	TANGENTE				42.81	30
67	CURVA		50	8.00%	42.81	30

ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	RADIO (m)	PERALTE (%)	VELOCIDAD (km/h)	
					ESPECIFICA	TRAMO
68	TANGENTE	PALMA ALTO-CHACHAGÜI			42.81	30
69	CURVA		146.37	5.40%	41.35	30
70	TANGENTE				41.35	30
71	CURVA		64	7.40%	40.44	30
72	TANGENTE				40.44	30
73	CURVA		40	8.00%	39.69	30
74	TANGENTE				40.19	30
75	CURVA		80	6.80%	40.19	30
76	TANGENTE				40.89	30
77	CURVA		90	6.60%	40.89	30
78	TANGENTE				40.89	30
79	CURVA		90	6.60%	40.89	30
80	TANGENTE				42.81	30
81	CURVA		50	8.00%	42.81	30
82	TANGENTE				42.81	30
83	CURVA		98	6.20%	40.00	30
84	TANGENTE				40.24	30
85	CURVA		58	7.60%	40.24	30
86	TANGENTE				40.24	30
87	CURVA		58	7.60%	40.24	30
88	TANGENTE				40.71	30
89	CURVA		60	7.60%	40.71	30
90	TANGENTE				42.81	30
91	CURVA		50	8.00%	42.81	30
92	TANGENTE				42.81	30
93	CURVA		105	6.20%	41.11	30
94	TANGENTE				41.25	30
95	CURVA		45	8.00%	41.25	30
96	TANGENTE				41.25	30
97	CURVA		60	7.60%	40.71	30
98	TANGENTE				40.71	30
99	CURVA	70	7.20%	40.43	30	
100	TANGENTE			41.25	30	
101	CURVA	45	8.00%	41.25	30	
102	TANGENTE			41.25	30	
103	CURVA	70	7.20%	40.43	30	
104	TANGENTE			40.85	30	
105	CURVA	72	7.20%	40.85	30	

ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	RADIO (m)	PERALTE (%)	VELOCIDAD (km/h)	
					ESPECIFICA	TRAMO
106	TANGENTE	PALMA ALTO-CHACHAGÜI			41.05	30
107	CURVA		56	7.80%	41.05	30
108	TANGENTE				41.05	30
109	CURVA		94	6.40%	40.50	30
110	TANGENTE				41.11	30
111	CURVA		67	7.40%	41.11	30
112	TANGENTE				41.11	30
113	CURVA		100	6.20%	40.32	30
114	TANGENTE				40.43	30
115	CURVA		118	5.80%	40.43	30
116	TANGENTE				40.43	30
117	CURVA		115	5.80%	40.00	30
118	TANGENTE				40.84	30
119	CURVA		170	5.00%	40.84	30
120	TANGENTE				40.90	30
121	CURVA		200	4.60%	40.90	30
122	TANGENTE				40.90	30
123	CURVA		80	6.80%	40.19	30
124	TANGENTE				40.19	30
125	CURVA		35	8.00%	38.13	30
126	TANGENTE				39.69	30
127	CURVA		40	8.00%	39.69	30
128	TANGENTE				42.81	30
129	CURVA		50	8.00%	42.81	30
130	TANGENTE				42.81	30
131	CURVA		34.8	8.00%	38.06	30
132	TANGENTE				39.69	30
133	CURVA		40	8.00%	39.69	30
134	TANGENTE				40.67	30
135	CURVA		65	7.40%	40.67	30
136	TANGENTE	PASO NACIONAL EN EL CASCO URBANO DE CHACHAGUI			43.13	30
137	CURVA		51	8.00%	43.13	30
138	TANGENTE				43.13	30
138	TANGENTE				43.13	30
139	CURVA		156	5.20%	40.99	30
140	TANGENTE				41.05	30

ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	RADIO (m)	PERALTE (%)	VELOCIDAD (km/h)	
					ESPECIFICA	TRAMO
141	CURVA	SECTOR CHACHAGÜJÍ-IMPERIO DE LOS INCAS	56	7.80%	41.05	30
142	TANGENTE				41.05	30
143	CURVA		77	7.00%	40.80	30
144	TANGENTE				42.81	30
145	CURVA		50	8.00%	42.81	30
146	TANGENTE				42.81	30
147	CURVA		44	8.00%	40.94	30
148	TANGENTE				40.94	30
149	CURVA		55	7.80%	40.79	30
150	TANGENTE				40.79	30
151	CURVA		60	7.60%	40.71	30
152	TANGENTE				40.71	30
153	CURVA		118	5.60%	39.04	30
154	TANGENTE				41.48	30
155	CURVA		160	5.20%	41.48	30
156	TANGENTE				41.48	30
157	CURVA		97	6.40%	41.00	30
158	TANGENTE	SECTOR IMPERIO DE LOS INCAS- AEROPUERTO			41.00	60
159	CURVA		177	5.00%	36.87	60
160	TANGENTE				41.37	60
161	CURVA		135	5.60%	41.37	60
162	TANGENTE				41.37	60
163	CURVA		189	4.80%	41.29	60
164	TANGENTE				47.57	60
165	CURVA		100	6.20%	47.57	60
166	TANGENTE				70.72	60
167	CURVA		175	5.00%	70.72	60
168	TANGENTE				70.72	60
169	CURVA		145	5.40%	45.45	60
170	TANGENTE				45.45	60
171	CURVA		420	2.80%	37.34	60
172	TANGENTE				37.34	60

Fuente: Devinar, Planos de Diseños Geométricos y Esta investigación

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

6.4.1. Perfiles de velocidad

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

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

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

En las figuras siguientes se presentan los perfiles de velocidad (Ver anexo C).

Figura 2. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur

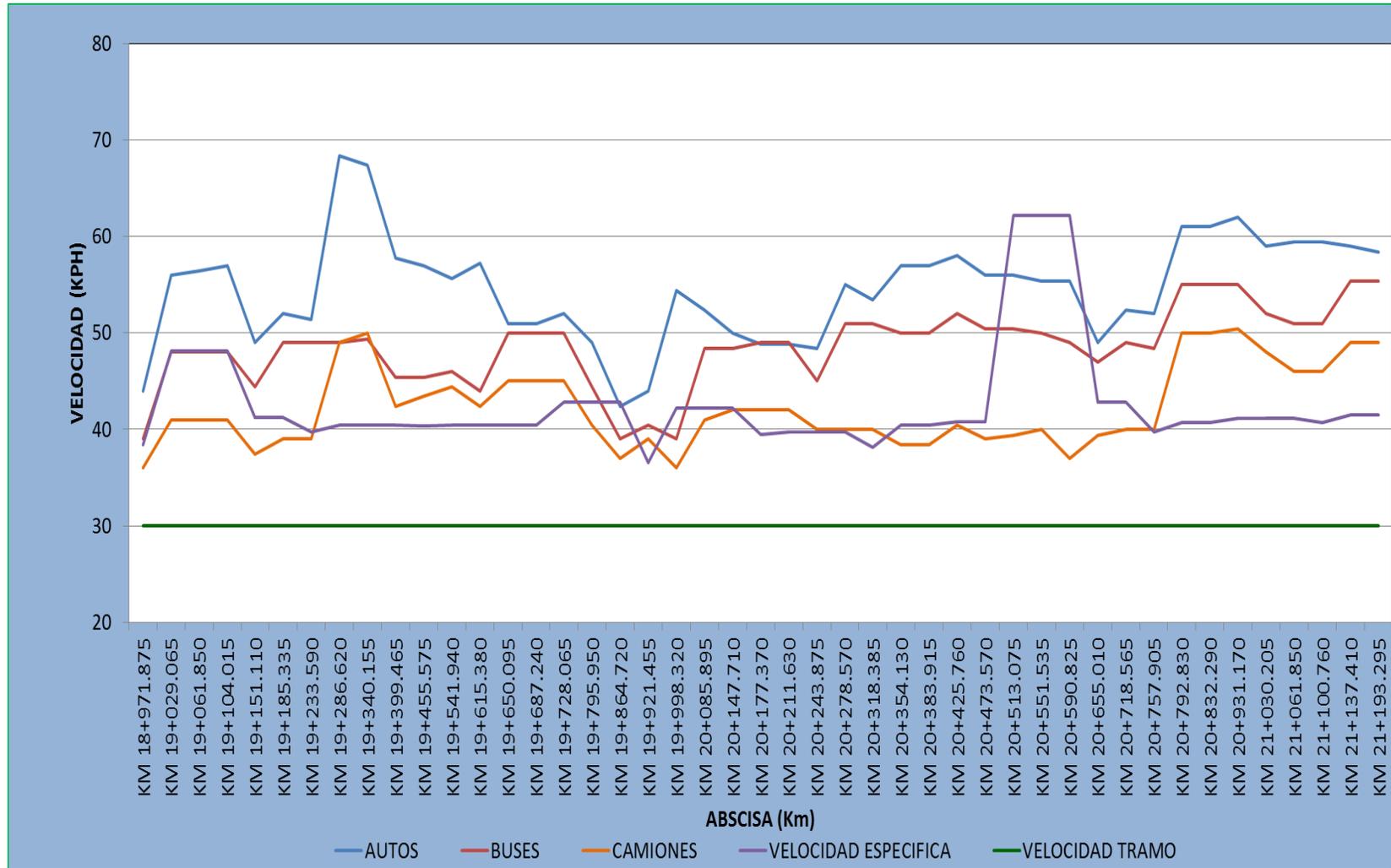


Figura 3. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur

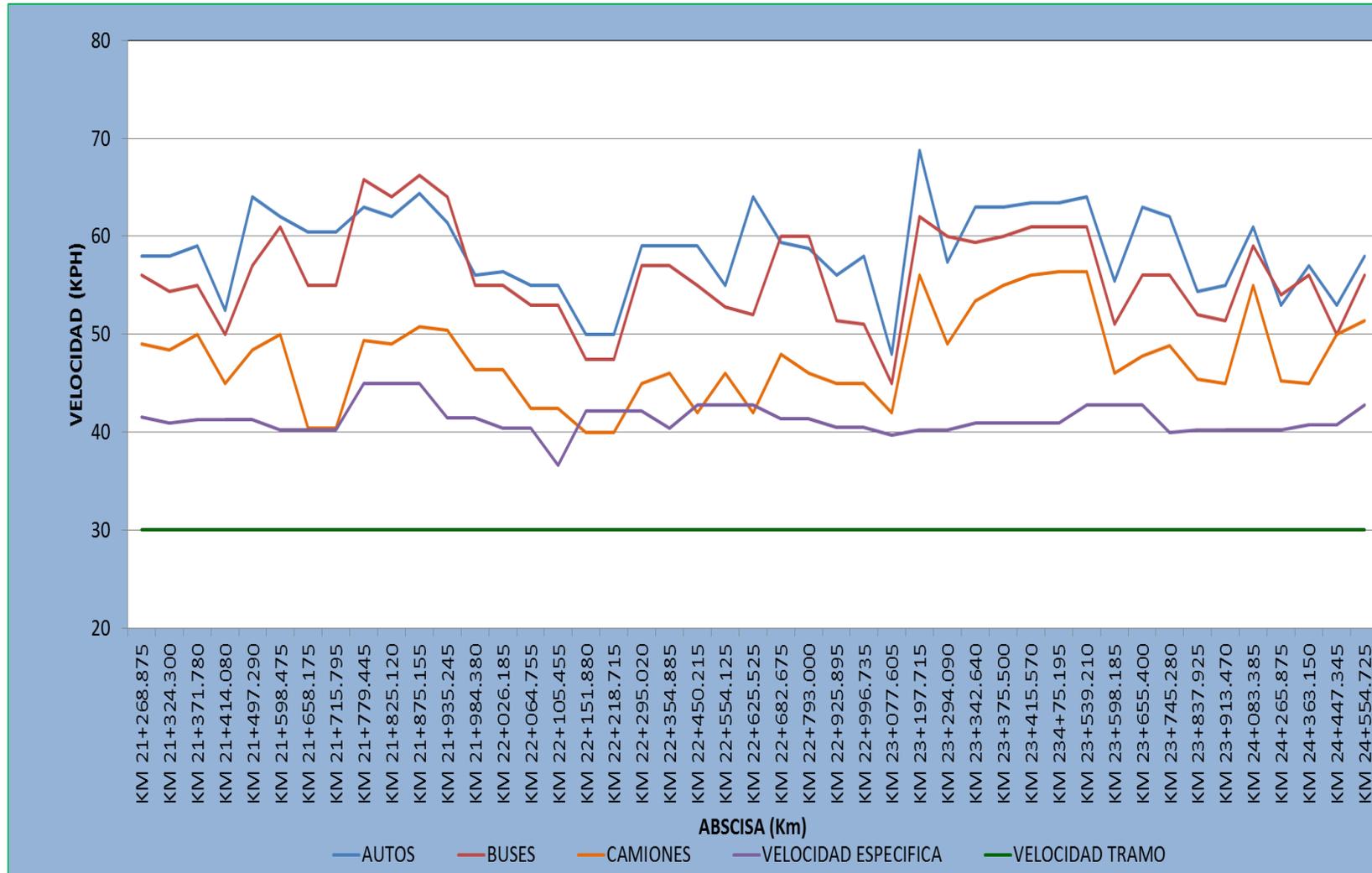


Figura 4. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur

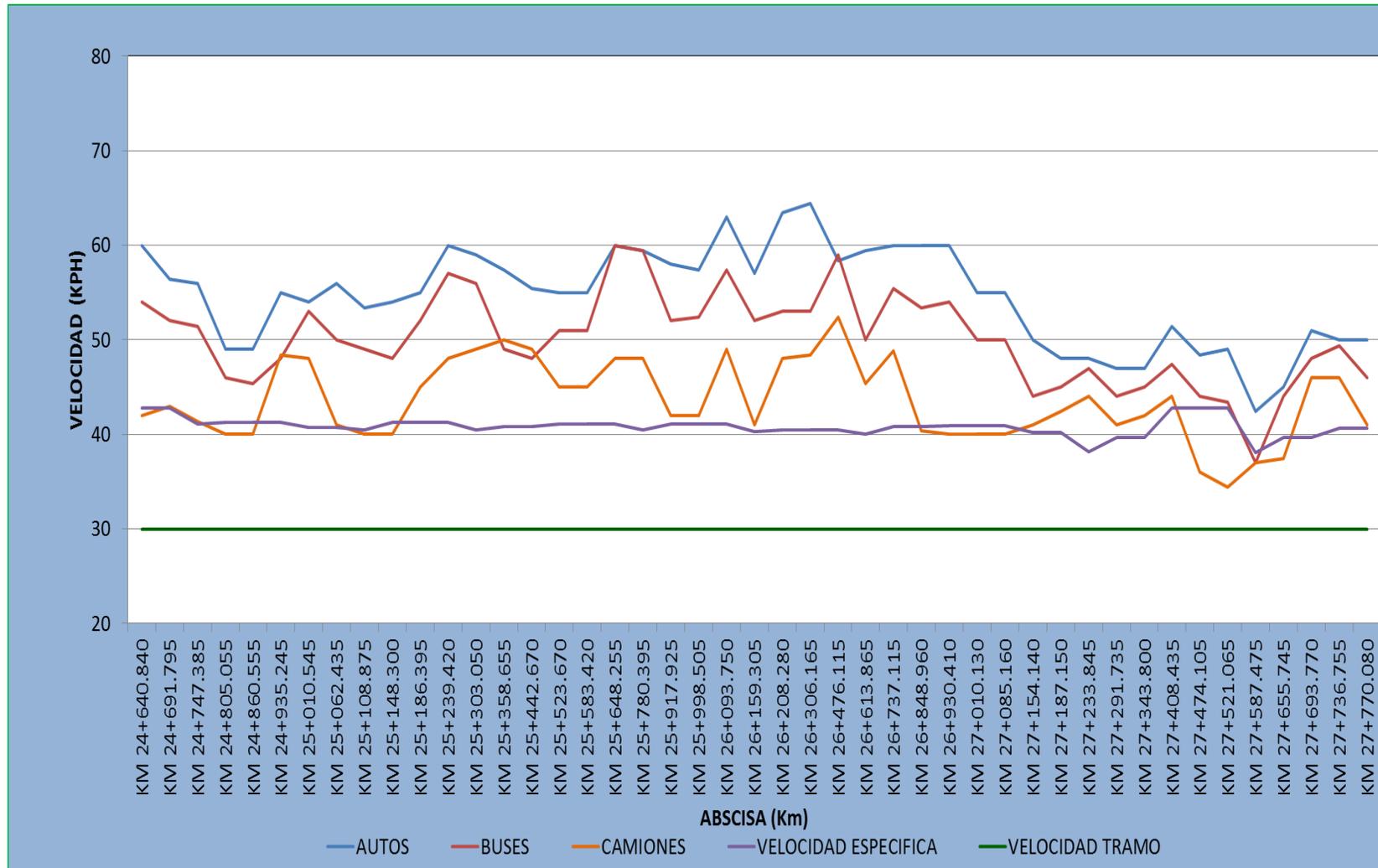


Figura 5. Perfil casco urbano de Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur

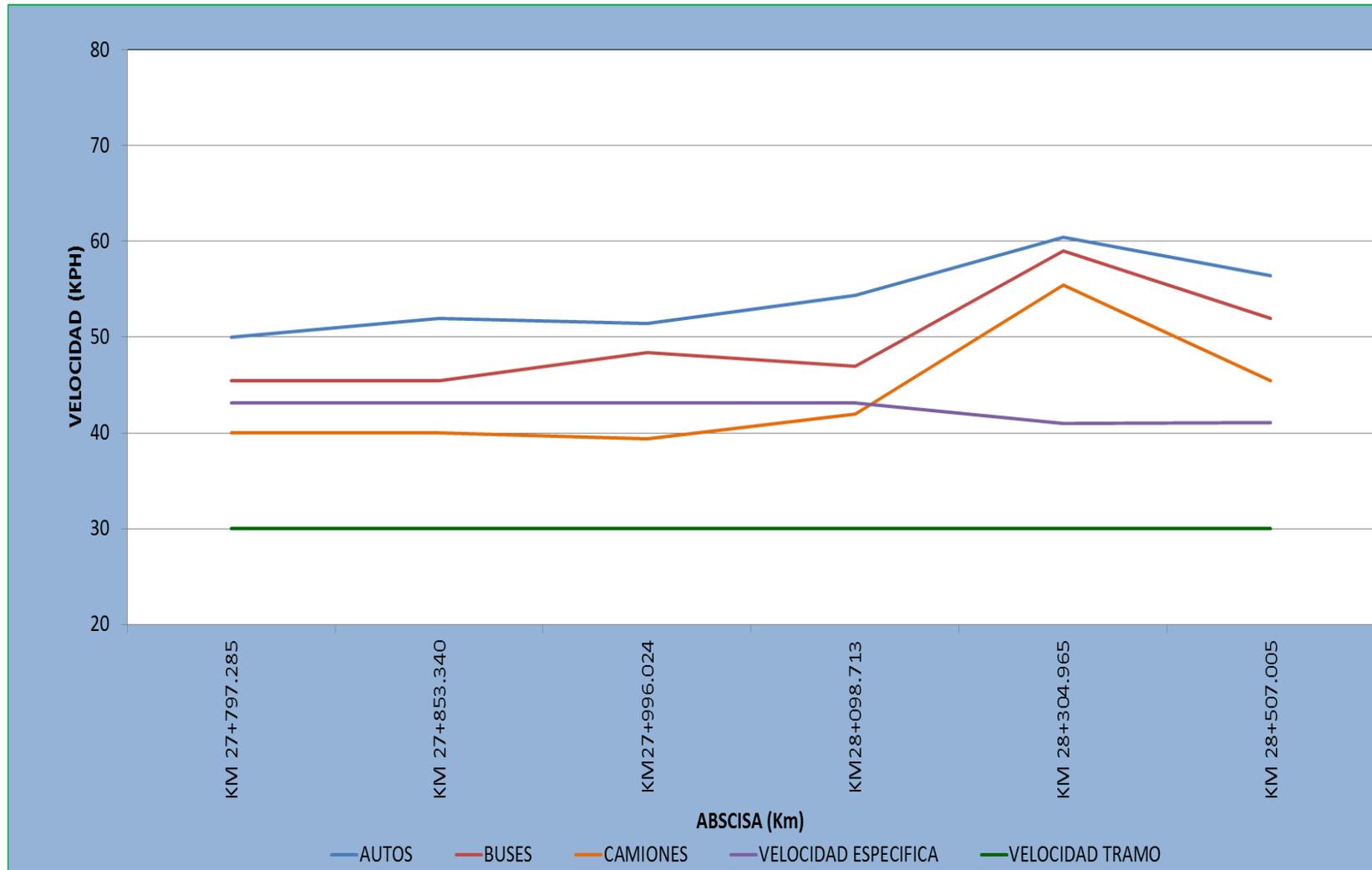


Figura 6. Perfil sector Chachagüi - imperio de los incas: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur

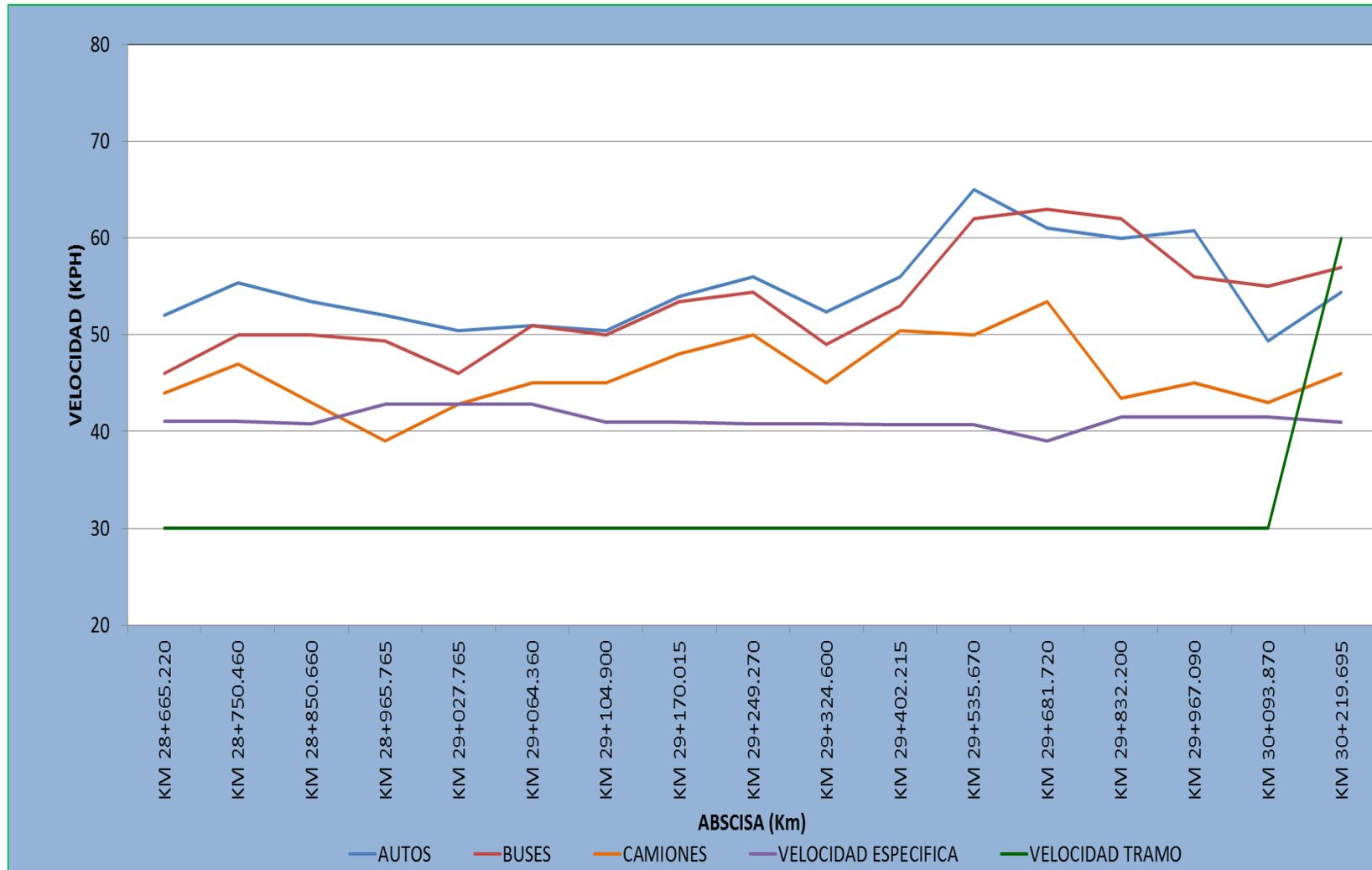


Figura 7. Perfil sector imperio de los incas - aeropuerto: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido norte-sur

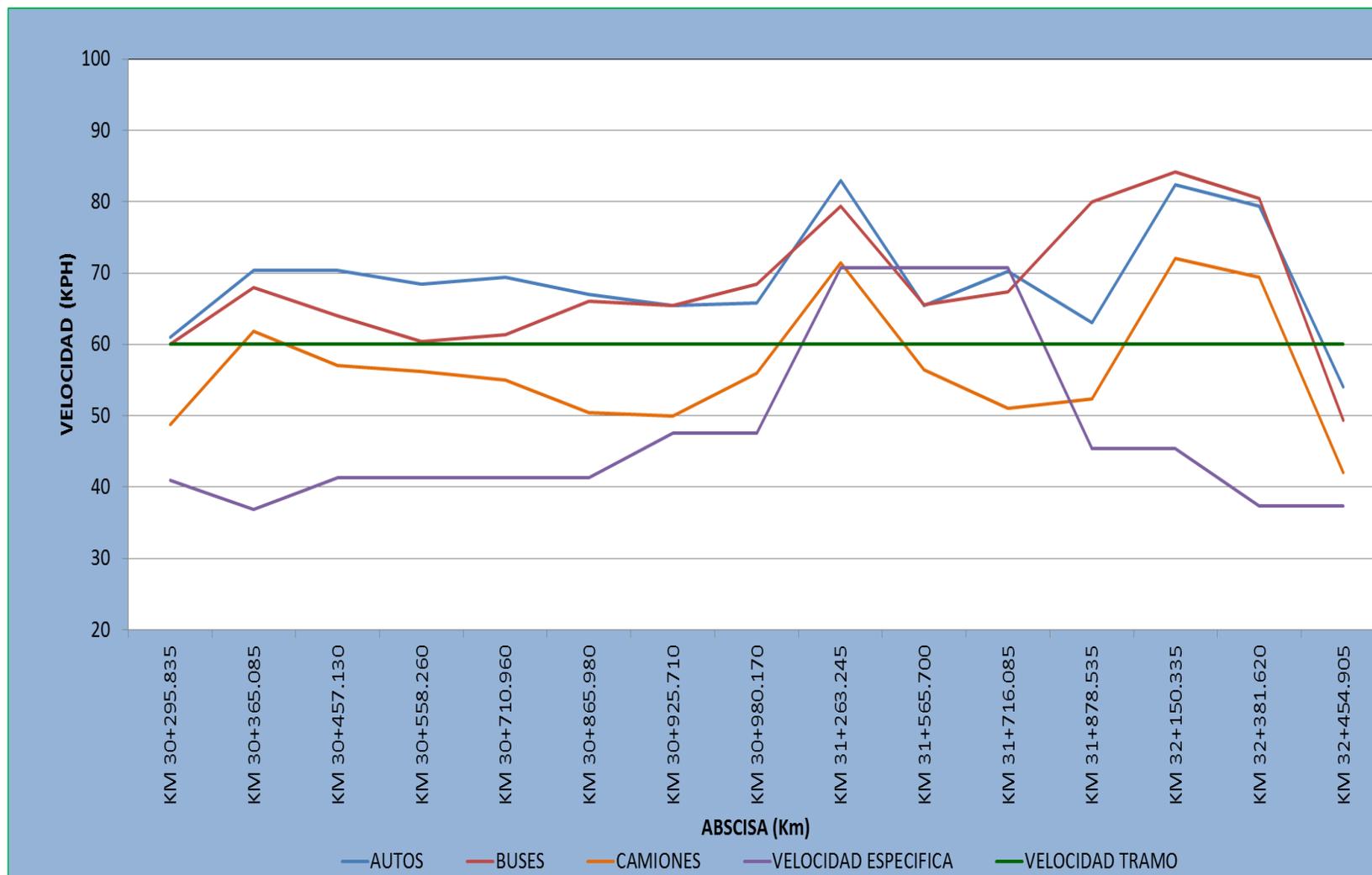


Figura 8. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte

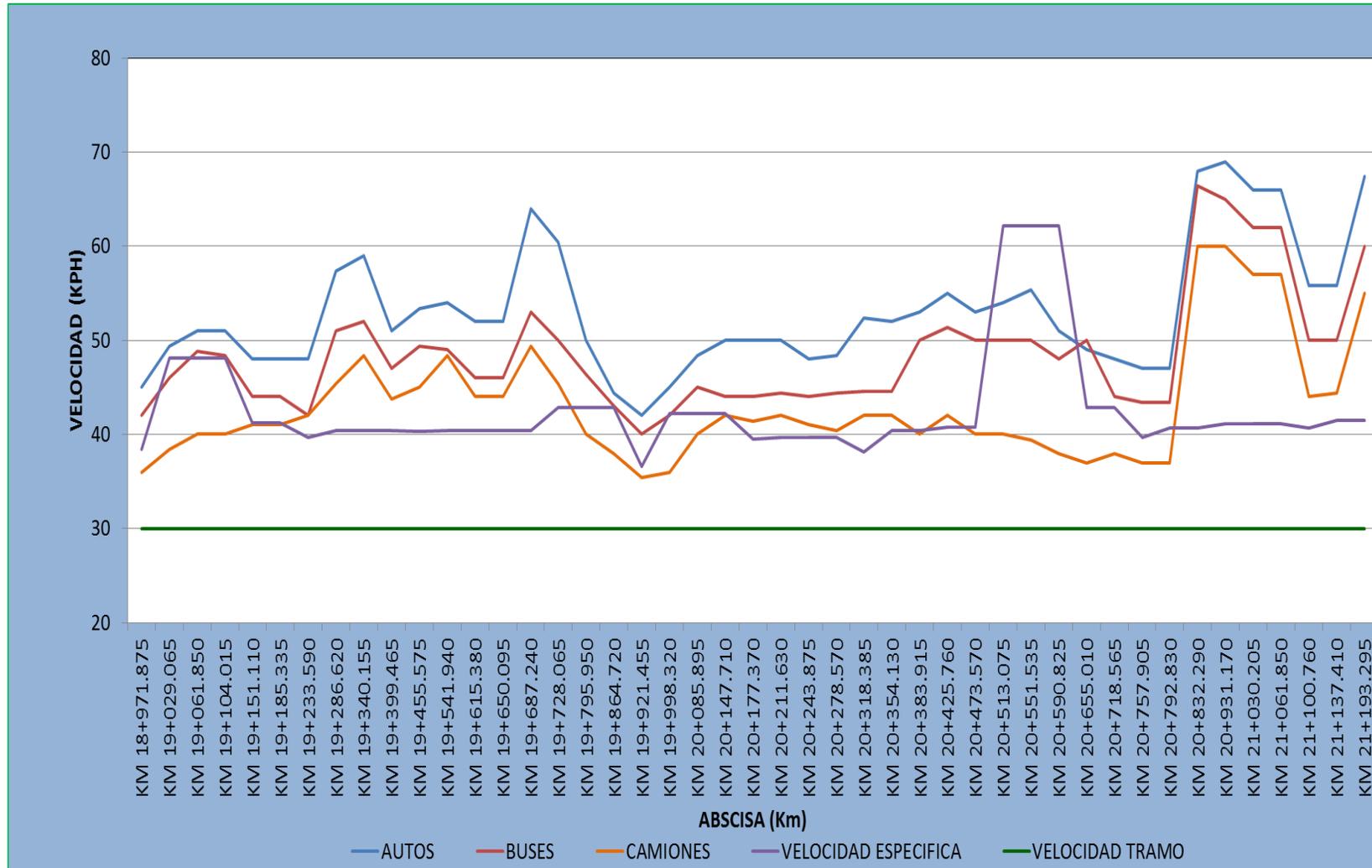


Figura 9. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte

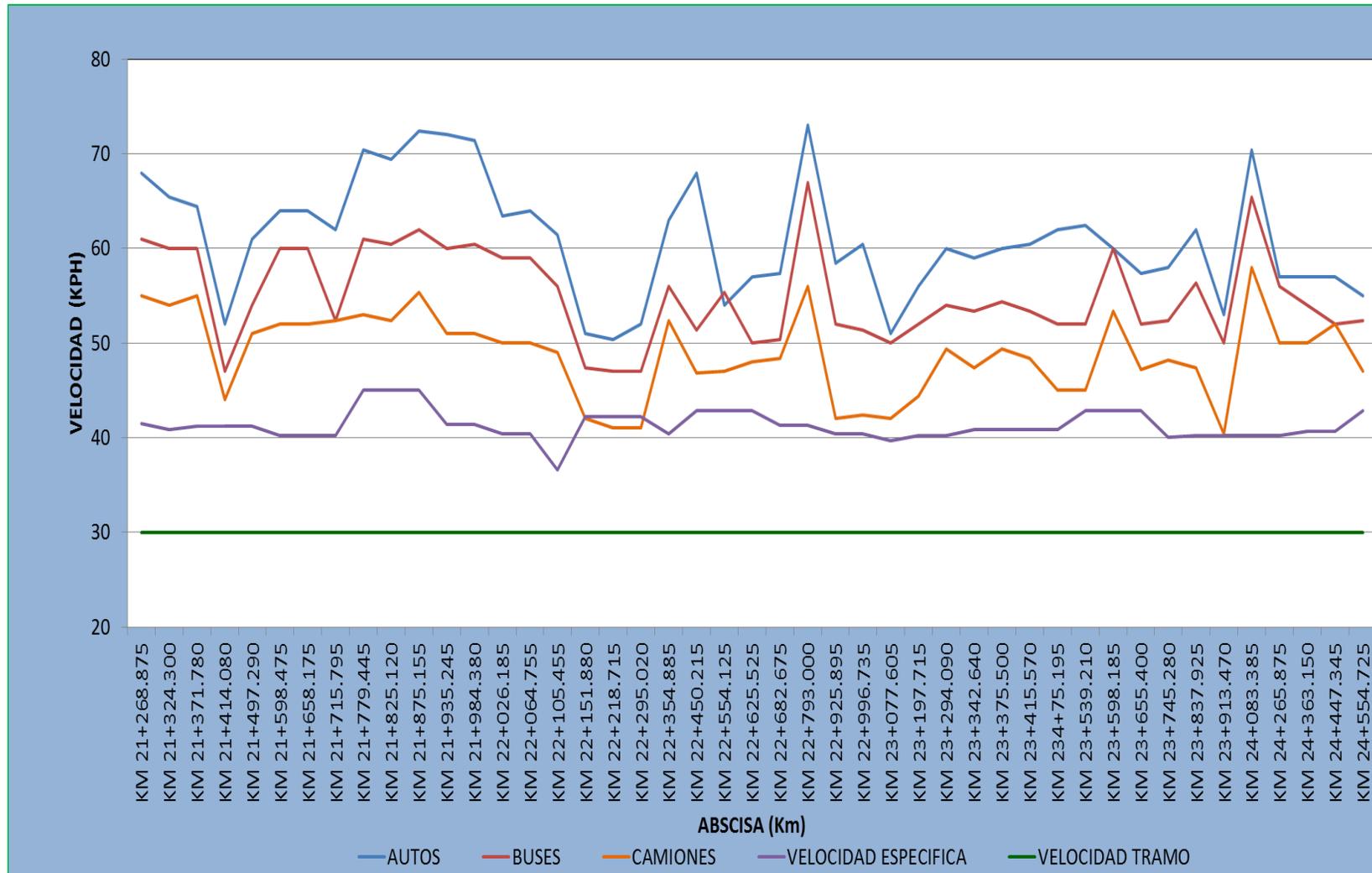


Figura 10. Perfil sector Palma Alto - Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte

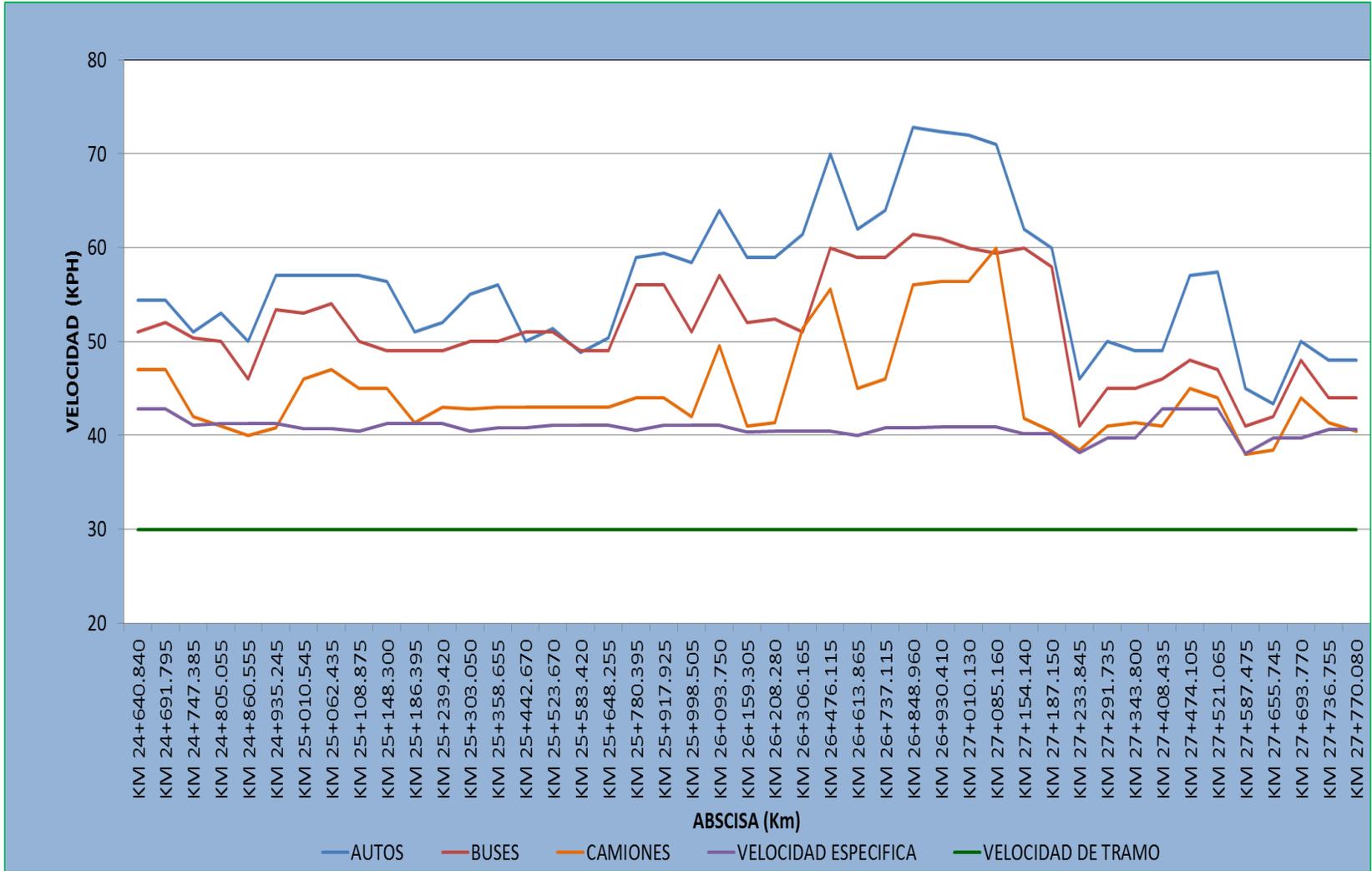


Figura 11. Perfil casco urbano de Chachagüi: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur - norte

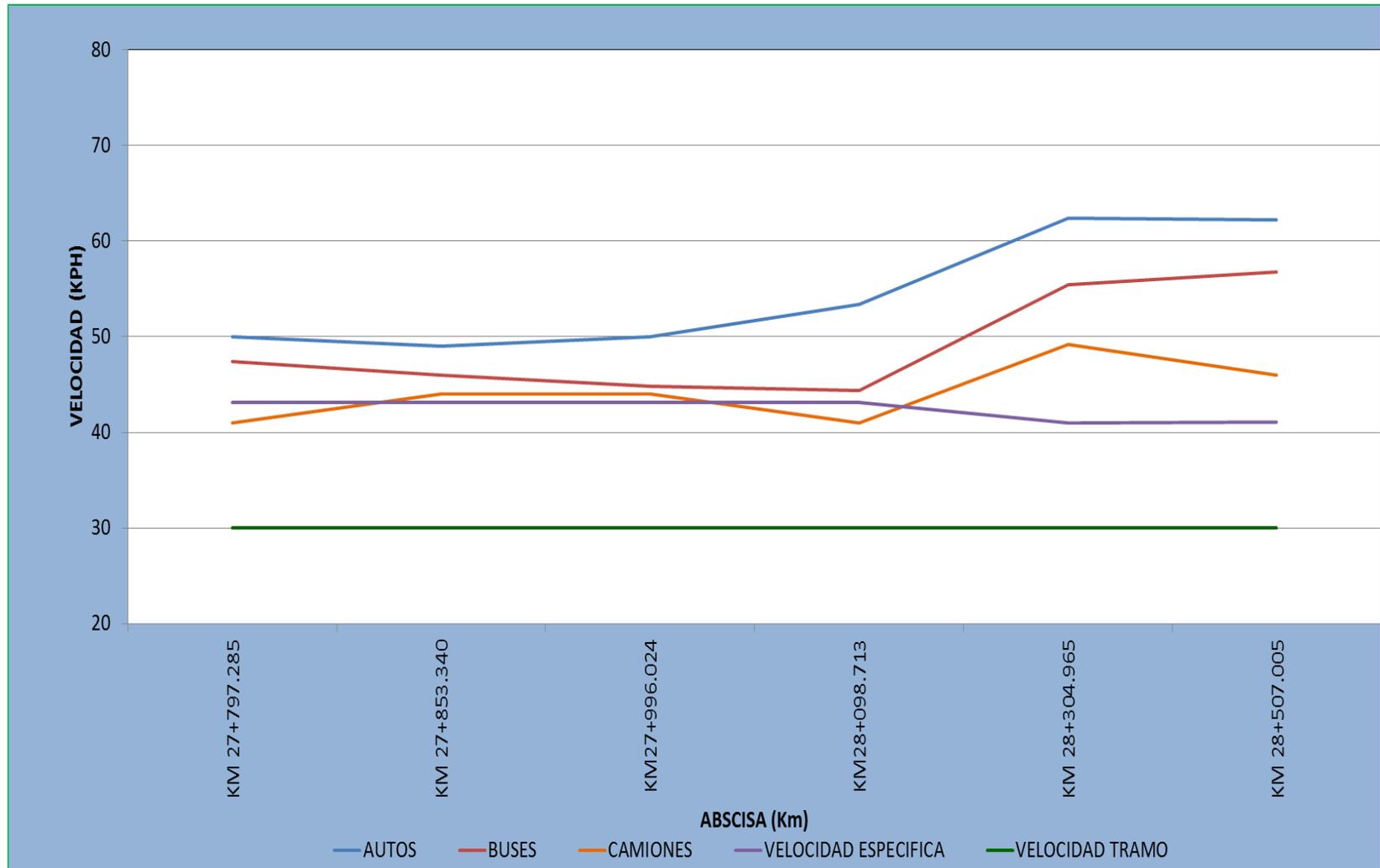


Figura 12. Perfil sector Chachagüi - imperio de los incas: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur - norte

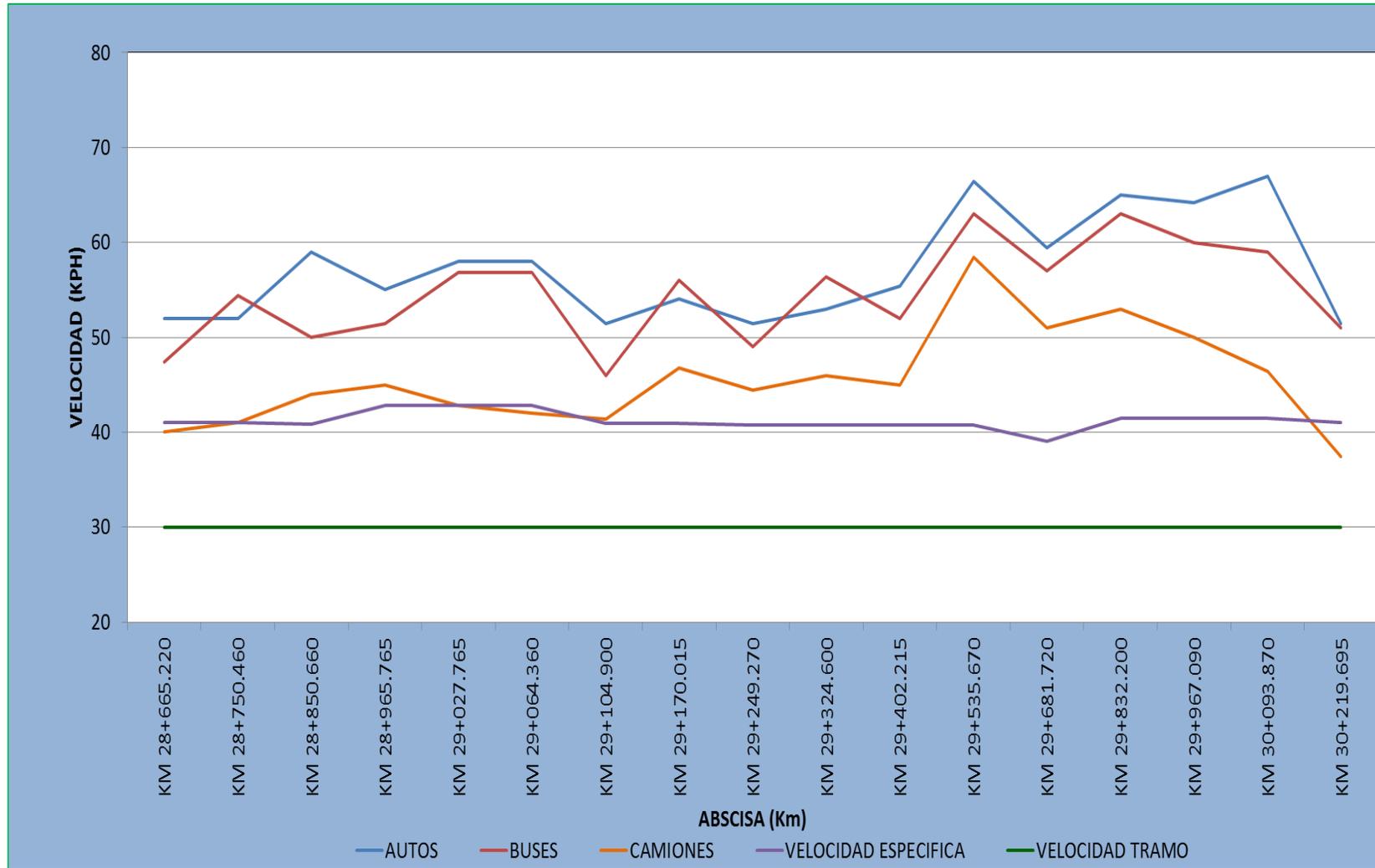
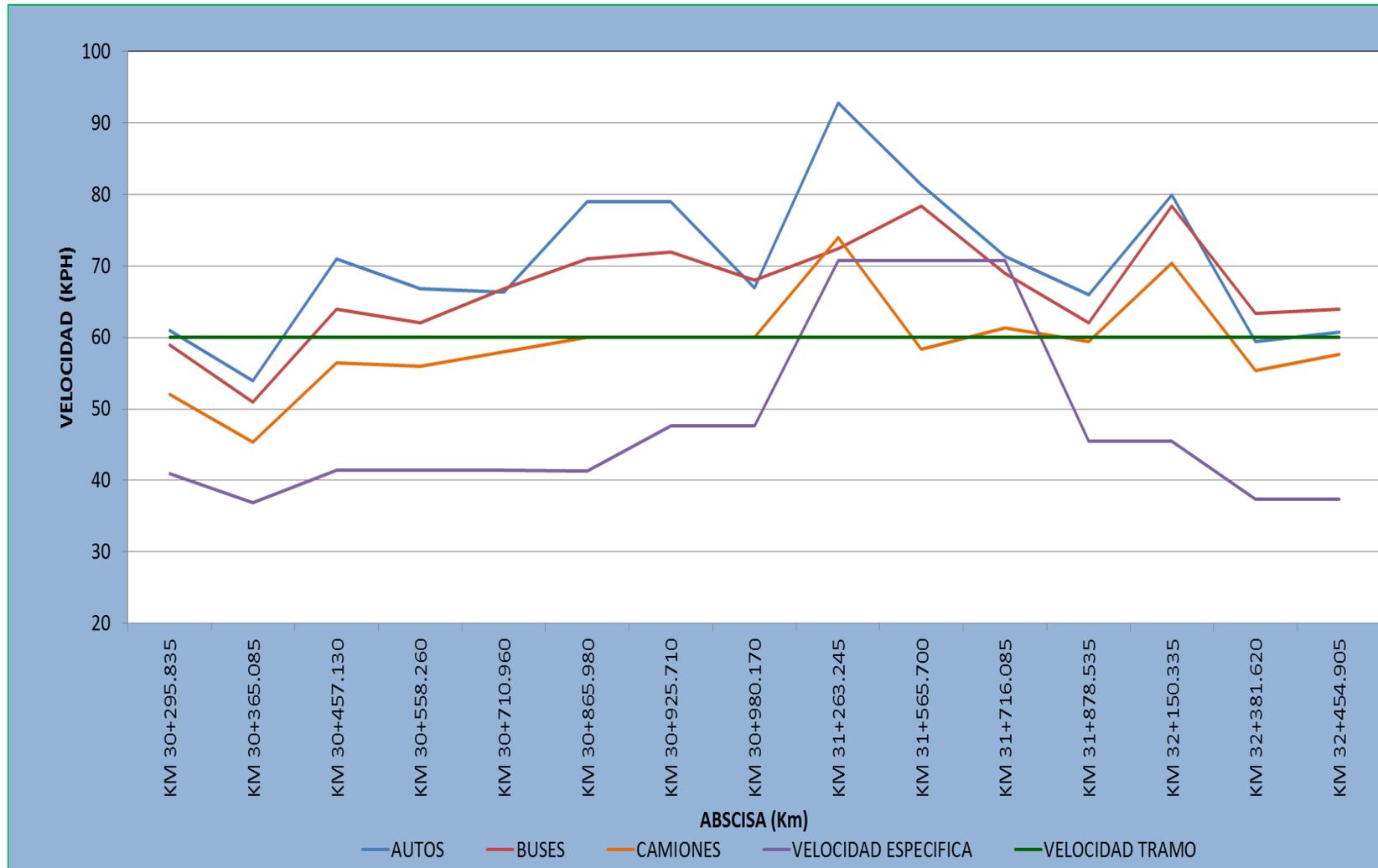


Figura 13. Perfil sector imperio de los incas - aeropuerto: velocidad de operación de autos, buses y camiones de dos ejes; velocidad específica y velocidad de diseño. Sentido sur – norte



6.4.2. Evaluación de la consistencia

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

Una buena consistencia está relacionada de manera directa con la seguridad vial ya que las características geométricas adecuadas y sin rasgos inusuales son abordadas por los conductores de forma segura. Existen diferentes criterios para evaluar la consistencia de una vía²⁴, entre estos están: la velocidad de operación, los índices de trazado, la estabilidad del vehículo y la carga de trabajo del conductor.

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

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

Para la evaluación de la consistencia han sido estudiados diferentes criterios y entre estos los más utilizados son los propuestos por Lamm et al. (1995)²⁵, los cuales están basados en análisis de velocidad, los criterios I y II son los más utilizados ya que el criterio III evalúa la diferencia entre el rozamiento transversal movilizado y el demandado de una manera muy sencilla que no refleja el efecto

²⁴ PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 2.

²⁵ PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 9.

real de la estabilidad de un vehículo con respecto a la fricción lateral entre otras observaciones.²⁶

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

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

Cuadro 12. Criterios para Evaluar el Nivel de Consistencia

NIVEL DE CONSISTENCIA	CRITERIO 1 (KM/H)	CRITERIO 2 (KM/H)
BUENA	$ V_{85} - V_d \leq 10$	$ V_{85i} - V_{85i+1} \leq 10$
ACEPTABLE	$10 < V_{85} - V_d \leq 20$	$10 < V_{85i} - V_{85i+1} \leq 20$
POBRE	$ V_{85} - V_d > 20$	$ V_{85i} - V_{85i+1} > 20$

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

6.4.3. Comparación entre la velocidad de diseño y de operación.

La evaluación de consistencia con el primer criterio de Lamm se efectuó de la siguiente manera: Si la diferencia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño del elemento evaluado para determinado tipo de vehículo es menor o igual a 10 Km/h, se dice que éste elemento tiene una buena consistencia; si ésta diferencia es mayor a 10 Km/h y menor o igual a 20 Km/h se dice que éste elemento tiene una consistencia aceptable, y si la diferencia supera los 20 Km/h la evaluación de su consistencia es pobre; se debe tener en cuenta que para hacer ésta evaluación la diferencia tiene que considerarse en valor absoluto, sin

²⁶ PEREZ, Ana María; CAMACHO, Francisco; GARCIA, Alfredo, Op. Cit. p. 3.

embargo el signo muestra si los vehículos aceleraron o frenaron. (Ver anexo C. Evaluación de la consistencia según criterios I y II de Lamm).

6.4.4 Comparación entre velocidades de operación entre elementos consecutivos

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

A continuación se presentan los resultados del análisis de consistencia con base en el primer criterio y segundo criterio de Lamm en el sentido Norte - Sur y Sur – Norte, respectivamente (Ver anexo D).

Cuadro 13. Evaluación de elementos según el criterio I y criterio II de Lamm en el Sentido Norte-Sur.

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
1	44.00	39.00	36.00	38.44	30	BUENO	BUENO	BUENO			
2	56.00	48.00	41.00	48.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
3	56.40	48.00	41.00	48.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
4	57.00	48.00	41.00	48.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
5	49.00	44.40	37.40	41.25	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
6	52.00	49.00	39.00	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
7	51.40	49.00	39.00	39.69	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
8	68.40	49.00	49.00	40.40	30	POBRE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
9	67.40	49.40	50.00	40.40	30	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
10	57.80	45.40	42.40	40.40	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
11	57.00	45.40	43.40	40.32	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
12	55.60	46.00	44.40	40.40	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
13	57.20	44.00	42.40	40.40	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
14	51.00	50.00	45.00	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
15	51.00	50.00	45.00	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
16	52.00	50.00	45.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
17	49.00	44.40	40.40	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
18	42.40	39.00	37.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
19	44.00	40.40	39.00	36.56	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
20	54.40	39.00	36.00	42.19	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
21	52.40	48.40	41.00	42.19	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
22	50.00	48.40	42.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
23	48.80	49.00	42.00	39.48	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
24	48.80	49.00	42.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
25	48.40	45.00	40.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
26	55.00	51.00	40.00	39.69	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
27	53.40	51.00	40.00	38.13	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
28	57.00	50.00	38.40	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
29	57.00	50.00	38.40	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
30	58.00	52.00	40.40	40.79	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
31	56.00	50.40	39.00	40.79	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
32	56.00	50.40	39.40	62.18	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
33	55.40	50.00	40.00	62.18	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
34	55.40	49.00	37.00	62.18	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
35	49.00	47.00	39.40	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
36	52.40	49.00	40.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
37	52.00	48.40	40.00	39.69	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
38	61.00	55.00	50.00	40.68	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
39	61.00	55.00	50.00	40.68	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
40	62.00	55.00	50.40	41.17	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
41	59.00	52.00	48.00	41.17	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
42	59.40	51.00	46.00	41.17	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
43	59.40	51.00	46.00	40.71	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
44	59.00	55.40	49.00	41.50	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
45	58.40	55.40	49.00	41.50	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
46	58.00	56.00	49.00	41.50	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
47	58.00	54.40	48.40	40.90	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
48	59.00	55.00	50.00	41.25	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
49	52.40	50.00	45.00	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
50	64.00	57.00	48.40	41.25	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
51	62.00	61.00	50.00	40.19	30	POBRE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
52	60.40	55.00	40.40	40.23	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
53	60.40	55.00	40.40	40.23	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
54	63.00	65.80	49.40	45.00	30	ACEPTABLE	POBRE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO
55	62.00	64.00	49.00	45.00	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
56	64.40	66.20	50.80	45.00	30	ACEPTABLE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
57	61.40	64.00	50.40	41.45	30	ACEPTABLE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
58	56.00	55.00	46.40	41.45	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
59	56.40	55.00	46.40	40.43	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
60	55.00	53.00	42.40	40.43	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
61	55.00	53.00	42.40	36.60	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
62	50.00	47.40	40.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
63	50.00	47.40	40.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
64	59.00	57.00	45.00	42.19	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
65	59.00	57.00	46.00	40.40	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
66	59.00	55.00	42.00	42.81	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
67	55.00	52.80	46.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
68	64.00	52.00	42.00	42.81	30	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
69	59.40	60.00	48.00	41.35	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
70	58.80	60.00	46.00	41.35	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
71	56.00	51.40	45.00	40.44	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
72	58.00	51.00	45.00	40.44	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
73	48.00	45.00	42.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
74	68.80	62.00	56.00	40.19	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
75	57.40	60.00	49.00	40.19	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
76	63.00	59.40	53.40	40.89	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
77	63.00	60.00	55.00	40.89	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
78	63.40	61.00	56.00	40.89	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
79	63.40	61.00	56.40	40.89	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
80	64.00	61.00	56.40	42.81	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
81	55.40	51.00	46.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE
82	63.00	56.00	47.80	42.81	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
83	62.00	56.00	48.80	40.00	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
84	54.40	52.00	45.40	40.24	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
85	55.00	51.40	45.00	40.24	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
86	61.00	59.00	55.00	40.24	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
87	53.00	54.00	45.20	40.24	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
88	57.00	56.00	45.00	40.71	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
89	53.00	50.00	50.00	40.71	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
90	58.00	56.00	51.40	42.81	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
91	60.00	54.00	42.00	42.81	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
92	56.40	52.00	43.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
93	56.00	51.40	41.40	41.11	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
94	49.00	46.00	40.00	41.25	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
95	49.00	45.40	40.00	41.25	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
96	55.00	48.00	48.40	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
97	54.00	53.00	48.00	40.71	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
98	56.00	50.00	41.00	40.71	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
99	53.40	49.00	40.00	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
100	54.00	48.00	40.00	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
101	55.00	52.00	45.00	41.25	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
102	60.00	57.00	48.00	41.25	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
103	59.00	56.00	49.00	40.43	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
104	57.40	49.00	50.00	40.85	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
105	55.40	48.00	49.00	40.85	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
106	55.00	51.00	45.00	41.05	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
107	55.00	51.00	45.00	41.05	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
108	60.00	60.00	48.00	41.05	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
109	59.40	59.40	48.00	40.50	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
110	58.00	52.00	42.00	41.11	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
111	57.40	52.40	42.00	41.11	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
112	63.00	57.40	49.00	41.11	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
113	57.00	52.00	41.00	40.32	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
114	63.40	53.00	48.00	40.43	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
115	64.40	53.00	48.40	40.43	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
116	58.40	59.00	52.40	40.43	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
117	59.40	50.00	45.40	40.00	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
118	60.00	55.40	48.80	40.84	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
119	60.00	53.40	40.40	40.84	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
120	60.00	54.00	40.00	40.90	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
121	55.00	50.00	40.00	40.90	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
122	55.00	50.00	40.00	40.90	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
123	50.00	44.00	41.00	40.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
124	48.00	45.00	42.40	40.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
125	48.00	47.00	44.00	38.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
126	47.00	44.00	41.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
127	47.00	45.00	42.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
128	51.40	47.40	44.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
129	48.40	44.00	36.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
130	49.00	43.40	34.40	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
131	42.40	37.00	37.00	38.06	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
132	45.00	44.00	37.40	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
133	51.00	48.00	46.00	39.69	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
134	50.00	49.40	46.00	40.67	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
135	50.00	46.00	41.00	40.67	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
136	50.00	45.40	40.00	43.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
137	52.00	45.40	40.00	43.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
138	54.40	47.00	42.00	43.13	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
139	60.40	59.00	55.40	40.99	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE
140	56.40	52.00	45.40	41.05	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
141	52.00	46.00	44.00	41.05	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
142	55.40	50.00	47.00	41.05	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
143	53.40	50.00	43.00	40.80	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
144	52.00	49.40	39.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
145	50.40	46.00	42.80	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
146	51.00	51.00	45.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
147	50.40	50.00	45.00	40.94	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
148	54.00	53.40	48.00	40.94	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
149	56.00	54.40	50.00	40.79	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
150	52.40	49.00	45.00	40.79	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
151	56.00	53.00	50.40	40.71	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
152	65.00	62.00	50.00	40.71	60	POBRE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
153	61.00	63.00	53.40	39.04	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
154	60.00	62.00	43.40	41.48	60	ACEPTABLE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
155	60.80	56.00	45.00	41.48	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
156	49.40	55.00	43.00	41.48	60	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
157	54.40	57.00	46.00	41.00	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
158	61.00	60.00	48.80	41.00	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
159	70.40	68.00	61.80	36.87	60	POBRE	POBRE	POBRE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE
160	70.40	64.00	57.00	41.37	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
161	68.40	60.40	56.20	41.37	60	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
162	69.40	61.40	55.00	41.37	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
163	67.00	66.00	50.40	41.29	60	POBRE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
164	65.40	65.40	50.00	47.57	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
165	65.80	68.40	56.00	47.57	60	ACEPTABLE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
166	83.00	79.40	71.40	70.72	60	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
167	65.40	65.60	56.40	70.72	60	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
168	70.20	67.40	51.00	70.72	60	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
169	63.00	80.00	52.40	45.45	60	ACEPTABLE	POBRE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO
170	82.40	84.20	72.00	45.45	60	POBRE	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE
171	79.40	80.40	69.40	37.34	60	POBRE	POBRE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO
172	54.00	49.40	42.00	37.34	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	POBRE	POBRE	POBRE

Fuente: Esta investigación

Cuadro 14. Evaluación de elementos según el criterio I y criterio II de Lamm en el Sentido Sur- Norte.

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
1	45.00	42.00	36.00	38.44	30	BUENO	BUENO	BUENO			
2	49.40	46.00	38.40	48.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
3	51.00	48.80	40.00	48.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
4	51.00	48.40	40.00	48.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
5	48.00	44.00	41.00	41.25	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
6	48.00	44.00	41.00	41.25	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
7	48.00	42.00	42.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
8	57.40	51.00	45.40	40.40	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
9	59.00	52.00	48.40	40.40	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
10	51.00	47.00	43.80	40.40	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
11	53.40	49.40	45.00	40.32	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
12	54.00	49.00	48.40	40.40	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
13	52.00	46.00	44.00	40.40	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
14	52.00	46.00	44.00	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
15	64.00	53.00	49.40	40.43	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
16	60.40	50.00	45.40	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
17	50.00	46.40	40.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
18	44.40	43.00	38.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
19	42.00	40.00	35.40	36.56	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
20	45.00	42.00	36.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
21	48.40	45.00	40.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
22	50.00	44.00	42.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
23	50.00	44.00	41.40	39.48	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
24	50.00	44.40	42.00	39.69	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
25	48.00	44.00	41.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
26	48.40	44.40	40.40	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
27	52.40	44.60	42.00	38.13	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
28	52.00	44.60	42.00	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
29	53.00	50.00	40.00	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
30	55.00	51.40	42.00	40.79	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
31	53.00	50.00	40.00	40.79	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
32	54.00	50.00	40.00	62.18	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
33	55.40	50.00	39.40	62.18	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
34	51.00	48.00	38.00	62.18	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
35	49.00	50.00	37.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
36	48.00	44.00	38.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
37	47.00	43.40	37.00	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
38	47.00	43.40	37.00	40.68	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
39	68.00	66.40	60.00	40.68	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	POBRE	POBRE	POBRE
40	69.00	65.00	60.00	41.17	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
41	66.00	62.00	57.00	41.17	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
42	66.00	62.00	57.00	41.17	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
43	55.80	50.00	44.00	40.71	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
44	55.80	50.00	44.40	41.50	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
45	67.40	60.00	55.00	41.50	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE
46	68.00	61.00	55.00	41.50	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
47	65.40	60.00	54.00	40.90	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
48	64.40	60.00	55.00	41.25	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
49	52.00	47.00	44.00	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
50	61.00	54.00	51.00	41.25	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
51	64.00	60.00	52.00	40.19	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
52	64.00	60.00	52.00	40.23	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
53	62.00	52.40	52.40	40.23	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
54	70.40	61.00	53.00	45.00	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
55	69.40	60.40	52.40	45.00	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
56	72.40	62.00	55.40	45.00	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
57	72.00	60.00	51.00	41.45	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
58	71.40	60.40	51.00	41.45	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
59	63.40	59.00	50.00	40.43	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
60	64.00	59.00	50.00	40.43	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
61	61.40	56.00	49.00	36.60	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
62	51.00	47.40	42.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
63	50.40	47.00	41.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
64	52.00	47.00	41.00	42.19	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
65	63.00	56.00	52.40	40.40	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE
66	68.00	51.40	46.80	42.81	30	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
67	54.00	55.40	47.00	42.81	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
68	57.00	50.00	48.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
69	57.40	50.40	48.40	41.35	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
70	73.00	67.00	56.00	41.35	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO
71	58.40	52.00	42.00	40.44	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
72	60.40	51.40	42.40	40.44	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
73	51.00	50.00	42.00	39.69	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
74	56.00	52.00	44.40	40.19	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
75	60.00	54.00	49.40	40.19	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
76	59.00	53.40	47.40	40.89	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
77	60.00	54.40	49.40	40.89	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
78	60.40	53.40	48.40	40.89	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
79	62.00	52.00	45.00	40.89	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
80	62.40	52.00	45.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
81	60.00	60.00	53.40	42.81	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
82	57.40	52.00	47.20	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
83	58.00	52.40	48.20	40.00	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
84	62.00	56.40	47.40	40.24	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
85	53.00	50.00	40.40	40.24	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
86	70.40	65.40	58.00	40.24	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
87	57.00	56.00	50.00	40.24	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
88	57.00	54.00	50.00	40.71	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
89	57.00	52.00	52.00	40.71	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
90	55.00	52.40	47.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
91	54.40	51.00	47.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
92	54.40	52.00	47.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
93	51.00	50.40	42.00	41.11	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
94	53.00	50.00	41.00	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
95	50.00	46.00	40.00	41.25	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
96	57.00	53.40	40.80	41.25	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
97	57.00	53.00	46.00	40.71	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
98	57.00	54.00	47.00	40.71	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
99	57.00	50.00	45.00	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
100	56.40	49.00	45.00	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
101	51.00	49.00	41.40	41.25	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
102	52.00	49.00	43.00	41.25	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
103	55.00	50.00	42.80	40.43	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
104	56.00	50.00	43.00	40.85	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
105	50.00	51.00	43.00	40.85	30	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
106	51.40	51.00	43.00	41.05	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
107	48.80	49.00	43.00	41.05	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
108	50.40	49.00	43.00	41.05	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
109	59.00	56.00	44.00	40.50	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
110	59.40	56.00	44.00	41.11	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
111	58.40	51.00	42.00	41.11	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
112	64.00	57.00	49.60	41.11	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
113	59.00	52.00	41.00	40.32	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
114	59.00	52.40	41.40	40.43	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
115	61.40	51.00	51.40	40.43	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
116	70.00	60.00	55.60	40.43	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
117	62.00	59.00	45.00	40.00	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE
118	64.00	59.00	46.00	40.84	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
119	72.80	61.40	56.00	40.84	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
120	72.40	61.00	56.40	40.90	30	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
121	72.00	60.00	56.40	40.90	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
122	71.00	59.40	60.00	40.90	30	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
123	62.00	60.00	41.80	40.19	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE
124	60.00	58.00	40.40	40.19	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
125	46.00	41.00	38.40	38.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO
126	50.00	45.00	41.00	39.69	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
127	49.00	45.00	41.40	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
128	49.00	46.00	41.00	42.81	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
129	57.00	48.00	45.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
130	57.40	47.00	44.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
131	45.00	41.00	38.00	38.06	30	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
132	43.40	42.00	38.40	39.69	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
133	50.00	48.00	44.00	39.69	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
134	48.00	44.00	41.40	40.67	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
135	48.00	44.00	40.40	40.67	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
136	50.00	47.40	41.00	43.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
137	49.00	46.00	44.00	43.13	30	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
138	53.40	44.40	41.00	43.13	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

N° ELEMENTO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN			VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	VELOCIDAD DE TRAMO (KM/h)	PRIMER CRITERIO DE LAMM			SEGUNDO CRITERIO DE LAMM		
						CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS VELOCIDAD DE DISEÑO			CONCISTENCIA VELOCIDAD DE OPERACIÓN ENTRE ELEMENTOS CONSECUTIVOS		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES			AUTOS	BUSES	CAMIONES	AUTOS	BUSES	CAMIONES
139	62.40	55.40	49.20	40.99	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO
140	62.20	56.80	46.00	41.05	30	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
141	52.00	47.40	40.00	41.05	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
142	52.00	54.40	41.00	41.05	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
143	59.00	50.00	44.00	40.80	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
144	55.00	51.40	45.00	42.81	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
145	58.00	56.80	42.80	42.81	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
146	58.00	56.80	42.00	42.81	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
147	51.40	46.00	41.40	40.94	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO
148	54.00	56.00	46.80	40.94	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
149	51.40	49.00	44.40	40.79	30	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
150	53.00	56.40	46.00	40.79	30	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
151	55.40	52.00	45.00	40.71	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
152	66.40	63.00	58.40	40.71	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
153	59.40	57.00	51.00	39.04	60	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
154	65.00	63.00	53.00	41.48	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
155	64.20	60.00	50.00	41.48	60	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
156	67.00	59.00	46.40	41.48	60	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
157	51.40	51.00	37.40	41.00	60	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
158	61.00	59.00	52.00	41.00	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE
159	54.00	51.00	45.40	36.87	60	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
160	71.00	64.00	56.40	41.37	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
161	66.80	62.00	56.00	41.37	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
162	66.40	66.80	58.00	41.37	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
163	79.00	71.00	60.00	41.29	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
164	79.00	72.00	60.00	47.57	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
165	67.00	68.00	60.00	47.57	60	ACEPTABLE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO
166	92.80	72.40	74.00	70.72	60	POBRE	BUENO	BUENO	POBRE	BUENO	ACEPTABLE
167	81.40	78.40	58.40	70.72	60	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	ACEPTABLE	BUENO	ACEPTABLE
168	71.40	69.00	61.40	70.72	60	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
169	66.00	62.00	59.40	45.45	60	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	BUENO	BUENO	BUENO
170	80.00	78.40	70.40	45.45	60	POBRE	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
171	59.40	63.40	55.40	37.34	60	POBRE	POBRE	ACEPTABLE	POBRE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
172	60.80	64.00	57.60	37.34	60	POBRE	POBRE	POBRE	BUENO	BUENO	BUENO

Fuente: Esta investigación

6.4.5 Verificación de distancias de visibilidad de parada en el paso Nacional del casco urbano de Chachagüi.

Se considera como distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una carretera, la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria al circular a la velocidad específica del elemento en el cual se quiere verificar esta distancia de visibilidad²⁷.

En el siguiente cuadro se indican las distancias de visibilidad de parada en tramos con pendientes mayores a tres por ciento (3%).

Cuadro 15. Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve(Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) Dp					
	DESCENSO			ASCENSO		
	-3%	-6%	-9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008

Con base en la anterior información se procede a la verificación de la distancia de visibilidad de parada en el paso nacional del casco urbano de Chachagüi, obteniendo el siguiente resultado.

²⁷ Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008

Cuadro 16. Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente para el paso nacional del casco urbano de Chachagüi.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D _P			
	DESCENSO			
	-3%	-6%	-6.537%	-9%
40	50	50	50.537	53
43.13	55.008	56.26	56.853	59.573
50	66	70	70.716	74

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008 y Esta investigación

En el paso nacional del casco urbano de Chachagüi, el tramo vial registra una velocidad específica de 43.13 km/h y una pendiente de descenso de -6.537%, obteniendo una distancia de visibilidad de parada de 56.853 m.

6.4.6 Verificación de distancias de visibilidad de adelantamiento en entretangencias horizontales.

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.²⁸

En el cuadro 17 se presentan los valores mínimos recomendados para la distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a), calculados para carreteras de dos carriles dos sentidos.

²⁸ Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008

Cuadro 17. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTUA LA MANIOBRA V_{ETH} (Km/h)	VELOCIDAD DEL VEHICULO ADELANTADO (Km/h)	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE ADELANTA V (Km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008

Como guía, en el cuadro 18 se presenta la frecuencia recomendada con la que se deben presentar las oportunidades de adelantar o el porcentaje mínimo habilitado para adelantamiento en el tramo, de acuerdo a la velocidad de diseño del tramo homogéneo (V_{TR}).

Cuadro 18. Oportunidades de adelantar por tramos de cinco kilómetros

VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (KM/h)	20-50	60-80	90-100
PORCENTAJE MINIMO DE LA LONGITUD CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (%)	20%	30%	40%

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS. 2008

El tramo vial en estudio muestra una velocidad de tramo homogéneo de 30 km/h desde el KM 18+957.23 hasta el KM 30+181.68; desde el KM 30+181.68 hasta el KM 32+500.00 no se tuvo en cuenta para el análisis debido a que el tramo corresponde a una carretera con doble calzada.

Cuadro 19. Verificación de distancia de visibilidad de adelantamiento en las entretangencias horizontales del tramo en estudio.

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	VELOCIDAD TRAMO HOMOGÉNEO (Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO DA (m)	
							CALCULADA	REDONDEADA
2	TANGENTE	SECTOR PALMA ALTO-CHACHAGÜI	25.69	KM 19+016.22	KM 19+041.91	30	200	200
4	TANGENTE		44.45	KM 19+081.79	KM 19+126.24	30	200	200
6	TANGENTE		18.71	KM 19+175.98	KM 19+194.69	30	200	200
8	TANGENTE		28.26	KM 19+272.49	KM 19+300.75	30	200	200
10	TANGENTE		39.81	KM 19+379.56	KM 19+419.37	30	200	200
12	TANGENTE		100.32	KM 19+491.78	KM 19+592.10	30	200	200
14	TANGENTE		22.87	KM 19+638.66	KM 19+661.53	30	200	200
16	TANGENTE		30.23	KM 19+712.95	KM 19+743.18	30	200	200
18	TANGENTE		32	KM 19+848.72	KM 19+880.72	30	200	200
20	TANGENTE		72.26	KM 19+962.19	KM 20+034.45	30	200	200
22	TANGENTE		20.74	KM 20+137.34	KM 20+158.08	30	200	200
24	TANGENTE		29.94	KM20+196.66	KM 20+226.60	30	200	200
26	TANGENTE		34.84	KM 20+261.15	KM 20+295.99	30	200	200
28	TANGENTE		26.7	KM 20+340.78	KM 20+367.48	30	200	200
30	TANGENTE		50.82	KM 20+400.35	KM 20+451.17	30	200	200
32	TANGENTE		34.21	KM 20+495.97	KM 20+530.18	30	200	200
34	TANGENTE		35.87	KM 20+572.89	KM 20+608.76	30	200	200
36	TANGENTE		34.61	KM 20+701.26	KM 20+735.87	30	200	200
38	TANGENTE		25.78	KM 20+779.94	KM 20+805.72	30	200	200
40	TANGENTE		144.62	KM 20+858.86	KM 21+003.48	30	200	200
42	TANGENTE		9.84	KM 21+056.93	KM 21+066.77	30	200	200
44	TANGENTE		5.32	KM 21+134.75	KM 21+140.07	30	200	200
46	TANGENTE		44.71	KM 21+246.52	KM 21+291.23	30	200	200
48	TANGENTE		28.82	KM 21+357.37	KM 21+386.19	30	200	200
50	TANGENTE		110.64	KM 21+441.97	KM 21+552.61	30	200	200
52	TANGENTE		27.67	KM 21+644.34	KM 21+672.01	30	200	200
54	TANGENTE		39.73	KM 21+759.58	KM 21+799.31	30	200	200

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	VELOCIDAD TRAMO HOMOGENEO (Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO DA (m)	
							CALCULADA	REDONDEADA
56	TANGENTE	SECTOR PALMA ALTO-CHACHAGÜI	48.45	KM 21+850.93	KM 21+899.38	30	200	200
58	TANGENTE		26.54	KM 21+971.11	KM 21+997.65	30	200	200
60	TANGENTE		20.07	KM 22+054.72	KM 22+074.79	30	200	200
62	TANGENTE		31.52	KM 22+136.12	KM 22+167.64	30	200	200
64	TANGENTE		50.46	KM 22+269.79	KM 22+320.25	30	200	200
66	TANGENTE		121.39	KM 22+389.52	KM 22+510.91	30	200	200
68	TANGENTE		56.37	KM 22+597.34	KM 22+653.71	30	200	200
70	TANGENTE		162.72	KM 22+711.64	KM 22+874.36	30	200	200
72	TANGENTE		38.61	KM 22+977.43	KM 23+016.04	30	200	200
74	TANGENTE		117.09	KM 23+139.17	KM 23+256.26	30	200	200
76	TANGENTE		21.44	KM 23+331.92	KM 23+353.36	30	200	200
78	TANGENTE		35.86	KM 23+397.64	KM 23+433.50	30	200	200
80	TANGENTE		44.64	KM 23+516.89	KM 23+561.53	30	200	200
82	TANGENTE		41.12	KM 23+634.84	KM 23+675.96	30	200	200
84	TANGENTE		46.65	KM 23+814.60	KM 23+861.25	30	200	200
86	TANGENTE		235.39	KM 23+965.69	KM 24+201.08	30	200	200
88	TANGENTE		64.96	KM 24+330.67	KM 24+395.63	30	200	200
90	TANGENTE		111.33	KM 24+499.06	KM 24+610.39	30	200	200
92	TANGENTE		41.01	KM 24+671.29	KM 24+712.30	30	200	200
94	TANGENTE		45.17	KM 24+782.47	KM 24+827.64	30	200	200
96	TANGENTE		83.55	KM 24+893.47	KM 24+977.02	30	200	200
98	TANGENTE		36.73	KM 25+044.07	KM 25+080.80	30	200	200
100	TANGENTE		22.7	KM 25+136.95	KM 25+159.65	30	200	200
102	TANGENTE		52.56	KM 25+213.14	KM 25+265.70	30	200	200
104	TANGENTE		36.51	KM 25+340.40	KM 25+376.91	30	200	200
106	TANGENTE		30.48	KM 25+508.43	KM 25+538.91	30	200	200
108	TANGENTE	40.65	KM 25+627.93	KM 25+668.58	30	200	200	
110	TANGENTE	51.43	KM 25+892.21	KM 25+943.64	30	200	200	
112	TANGENTE	80.76	KM 26+053.37	KM 26+134.13	30	200	200	
114	TANGENTE	47.6	KM 26+184.48	KM 26+232.08	30	200	200	
116	TANGENTE	191.73	KM 26+380.25	KM 26+571.98	30	200	200	
118	TANGENTE	162.73	KM 26+655.75	KM 26+818.48	30	200	200	
120	TANGENTE	101.94	KM 26+879.44	KM 26+981.38	30	200	200	
122	TANGENTE	92.56	KM 27+038.88	KM 27+131.44	30	200	200	
124	TANGENTE	20.62	KM 27+176.84	KM 27+197.46	30	200	200	
126	TANGENTE	43.01	KM 27+270.23	KM 27+313.24	30	200	200	

N° ELEMENTO	TIPO DE ELEMENTO	SECTOR	LONGITUD DE ELEMENTO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	VELOCIDAD TRAMO HOMOGENEO (Km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO DA (m)	
							CALCULADA	REDONDEADA
128	TANGENTE	SECTOR PALMA ALTO-CHACHAGÜI	68.15	KM 27+374.36	KM 27+442.51	30	200	200
130	TANGENTE		30.73	KM 27+505.70	KM 27+536.43	30	200	200
132	TANGENTE		34.45	KM 27+638.52	KM 27+672.97	30	200	200
134	TANGENTE		44.37	KM 27+714.57	KM 27+758.94	30	200	200
136	TANGENTE		32.13	KM 27+781.22	KM 27+813.35	30	200	200
138	TANGENTE		308.07	KM 27+893.33	KM 28+201.40	30	200	200
138	TANGENTE	PASO NACIONAL DEL CASO URBANO DE CHACHAGÜI	308.07	KM 28+201.40	KM 28+408.53	30	200	200
140	TANGENTE		196.95	KM 28+408.53	KM 28+605.48	30	200	200
142	TANGENTE	SECTOR CHACHAGÜI-IMPERIO DE LOS INCAS	51	KM 28+724.96	KM 28+775.96	30	200	200
144	TANGENTE		80.81	KM 28+925.36	KM 29+006.17	30	200	200
146	TANGENTE		30	KM 29+049.36	KM 29+079.36	30	200	200
148	TANGENTE		79.15	KM 29+130.44	KM 29+209.59	30	200	200
150	TANGENTE		71.3	KM 29+288.95	KM 29+360.25	30	200	200
152	TANGENTE		182.98	KM 29+444.18	KM 29+627.16	30	200	200
154	TANGENTE		191.84	KM 29+736.28	KM 29+928.12	30	200	200
156	TANGENTE		175.62	KM 30+006.06	KM 30+181.68	30	200	200

Fuente: Esta investigación

6.4.7 Informe de accidentalidad del tramo estudiado años 2011, 2012 y 2013

La seguridad de una vía se ve reflejada en parte en la accidentalidad registrada, por esta razón y como parte complementaria del trabajo se tuvo en cuenta datos de accidentalidad correspondientes a los años 2011, 2012 y 2013.

Cuadro 20. Accidentes Pasto-Chachagüi 2011 – 2012 – 2013

ACCIDENTES PASTO-CHACHAGUI 2011						
MUERTES VIOLENTAS EN ACCIDENTE DE TRANSITO						
	MUNICIPIO	FECHA HECHO	AÑO	MES	LUGAR HECHOS	2011
1	Chachagüi	12-dic-11	2011	DICIEMBRE	VIA PASTO MOJARRAS KM 18+950 CHACHAGUI	1

ACCIDENTES PASTO-CHACHAGUI 2012						
MUERTES VIOLENTAS EN ACCIDENTE DE TRANSITO						
	MUNICIPIO	FECHA HECHO	AÑO	MES	LUGAR HECHOS	2012
1	Chachagüi	12-feb-2012	2012	FEBRERO	VIA PASTO MOJARRAS KM 28+700 SECTOR CHACHAGUI	1

ACCIDENTES PASTO-CHACHAGUI 2012						
MUERTES VIOLENTAS EN ACCIDENTE DE TRANSITO						
	MUNICIPIO	FECHA HECHO	AÑO	MES	LUGAR HECHOS	2012
2	Chachagüi	29-mar-2012	2012	MARZO	VIA PASTO MOJARRAS KM 30+800 SECTOR CANO BAJO	1
3	Chachagüi	17-ago-2012	2012	AGOSTO	VIA PASTO MOJARRAS KILOMETRO 29+850 SECTOR CHORRILLO	1
TOTAL=						3

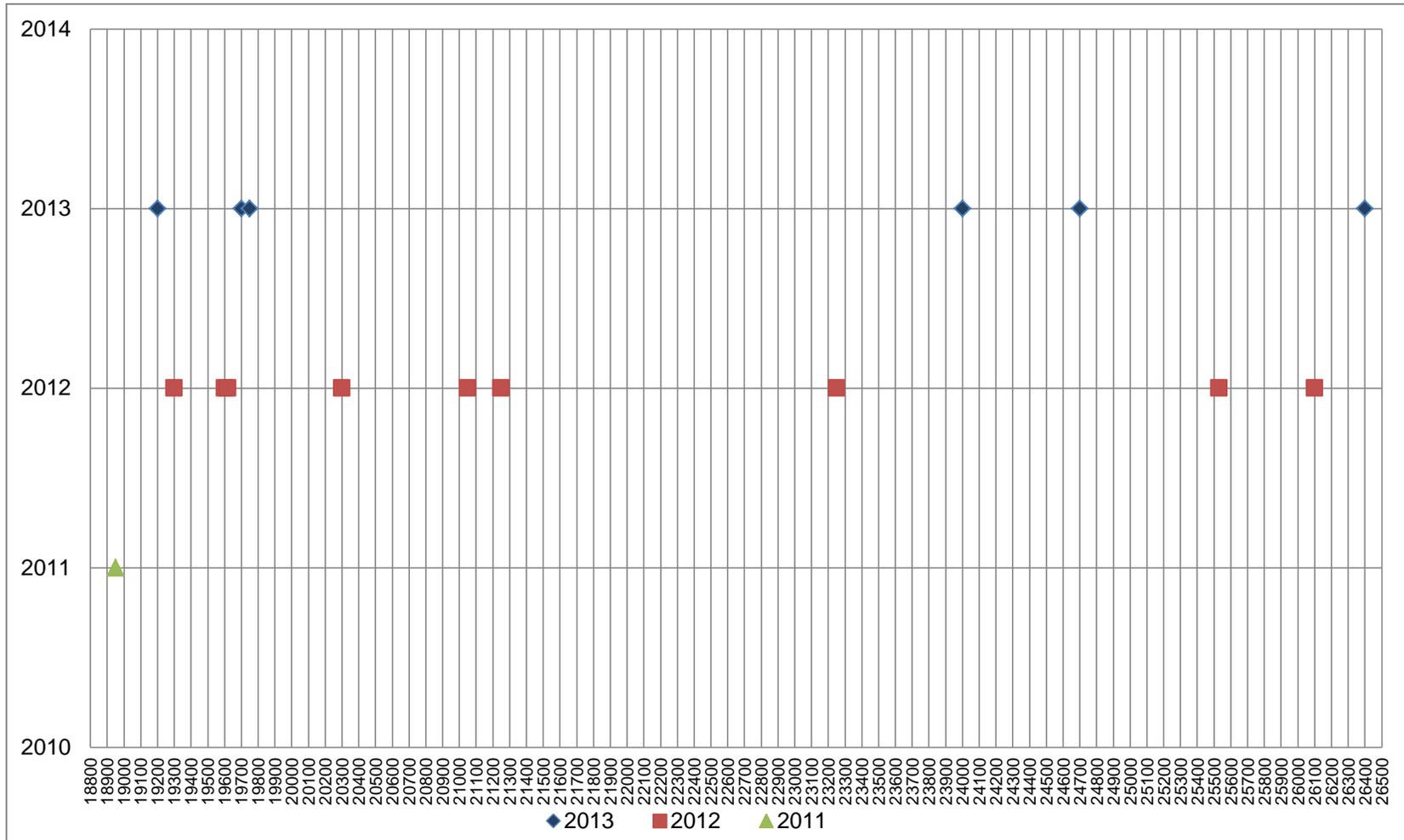
ACCIDENTES PASTO-CHACHAGUI 2012						
	MUNICIPIO	FECHA HECHO	AÑO	MES	LUGAR HECHOS	2012
1	Chachagüi	20-feb-12	2012	FEBRERO	VIA PASTO MOJARRAS KM 19+600 SECTOR PALMA ALTO	1
2	Chachagüi	24-feb-12	2012	FEBRERO	VIA PASTO MOJARRAS KM 25+530	1
3	Chachagüi	27-mar-12	2012	MARZO	VIA PASTO MOJARRAS KM 20+300	1
4	Chachagüi	29-mar-12	2012	MARZO	VIA PASTO MOJARRAS KM 30+800 SECTOR CANO BAJO	1
5	Chachagüi	03-abr-12	2012	ABRIL	VIA PASTO MOJARRAS KM 31+800	1
6	Chachagüi	09-abr-12	2012	ABRIL	VIA PASTO MOJARRAS KM 30+120	1
7	Chachagüi	10-abr-12	2012	ABRIL	VIA PASTO MOJARRAS KM 19+620	1
8	Chachagüi	18-abr-12	2012	ABRIL	VIA PASTO MOJARRAS KM 28+850	1
9	Chachagüi	30-abr-12	2012	ABRIL	VIA PASTO MOJARRAS KM 28+280	1
10	Chachagüi	06-may-12	2012	MAYO	PERIMETRO URBANO MUNICIPIO DE CHACHAGUI	1
11	Chachagüi	07-jun-12	2012	JUNIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 26+100	1
12	Chachagüi	09-jun-12	2012	JUNIO	VIA PASTO MOJARRAS KILOMETRO 21+050 SECTOR CASABUY	1
13	Chachagüi	18-jun-12	2012	JUNIO	VIA PASTO MOJARRAS KILOMETRO 33+890 SECTOR PEDREGAL	1
14	Chachagüi	29-jun-12	2012	JUNIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 19+300	1
15	Chachagüi	01-jul-12	2012	JULIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 23+250	1
16	Chachagüi	08-jul-12	2012	JULIO	VIA PASTO MOJARRAS KILOMETRO 27+400	1
17	Chachagüi	11-jul-12	2012	JULIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 27+450	1
18	Chachagüi	14-jul-12	2012	AGOSTO	VIA PASTO CHACHAGUI KM 21+250	1
19	Chachagüi	18-ago-12	2012	AGOSTO	VIA PASTO MOJARRAS KILOMETRO 31+900 CHACHAGUI	1
20	Chachagüi	14-oct-12	2012	SEPTIEMBRE	VIA PASTO MOJARRAS KM 27+950	1
21	Chachagüi	21-nov-12	2012	NOVIEMBRE	VIA PASTO MOJARRAS 29+900	1
22	Chachagüi	24-nov-12	2012	NOVIEMBRE	VIA PASTO MOJARRAS 32+500	1
TOTAL=						22

ACCIDENTES PASTO-CHACHAGUI 2013						
LESIONES EN ACCIDENTE DE TRANSITO						
	MUNICIPIO	FECHA HECHO	AÑO	MES	LUGAR HECHOS	2013
1	Chachagüi	11-ene-13	2013	ENERO	VIA PASTO MOJARRAS KM 27+900	1
2	Chachagüi	19-ene-13	2013	ENERO	VIA PASTO MOJARRAS KM 24	1
3	Chachagüi	02-feb-13	2013	FEBRERO	VIA PASTO MOJARRAS 30+800	1
4	Chachagüi	05-feb-13	2013	FEBRERO	VIA PASTO CHACHAGUI KM 27+850	1
5	Chachagüi	14-mar-13	2013	MARZO	VIA PASTO MOJARRAS KM 19+700	1

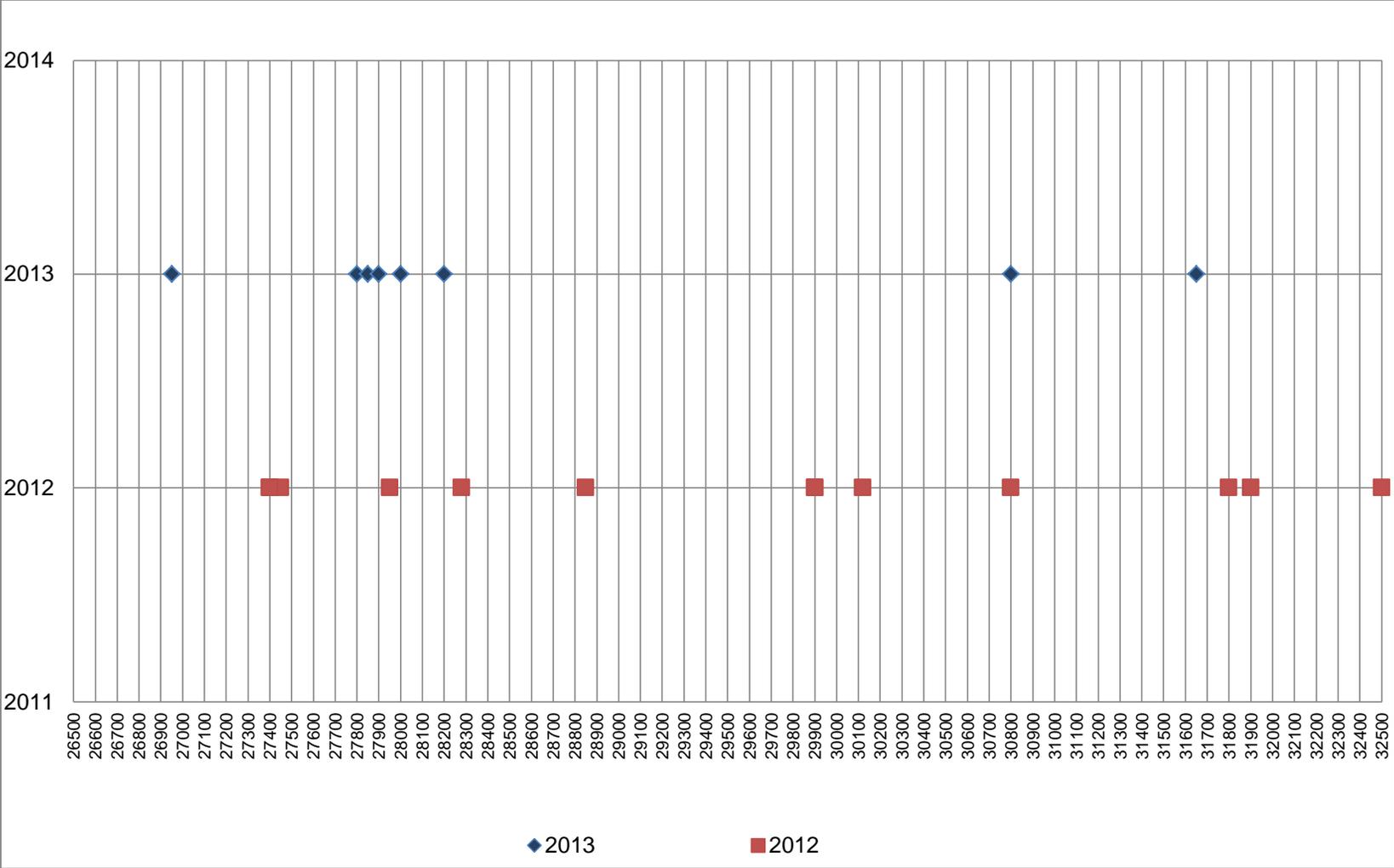
ACCIDENTES PASTO-CHACHAGUI 2013						
LESIONES EN ACCIDENTE DE TRANSITO						
	MUNICIPIO	FECHA HECHO	AÑO	MES	LUGAR HECHOS	2013
6	Chachagüi	20-mar-13	2013	MARZO	VIA PASTO MOJARRAS KM 31+650	1
7	Chachagüi	21-mar-13	2013	MARZO	VIA PASTO CHACHAGUI KM 24+700	1
8	Chachagüi	25-may-13	2013	MAYO	VIA PASTO CHACHAGUI KM 28+200	1
9	Chachagüi	26-may-13	2013	MAYO	VIA PASTO CHACHAGUI KM 18+600	1
10	Chachagüi	31-may-13	2013	MAYO	VIA PASTO MOJARRAS KM 19+200	1
11	Chachagüi	01-jun-13	2013	JUNIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 26+400	1
12	Chachagüi	04-jun-13	2013	JUNIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 19+750	1
13	Chachagüi	19-jun-13	2013	JUNIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 28+000	1
14	Chachagüi	20-jul-13	2013	JULIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 27+800	1
15	Chachagüi	28-jul-13	2013	JULIO	VIA PASTO MOJARRAS KM 26+950	1
TOTAL=						15

Fuente: Gobernación de Nariño y Policía Nacional

Figura 14. Accidentes de tránsito vía Pasto-Chachagüi (Aeropuerto) KM18+800-KM26+500



Continuación Figura 14. Accidentes de tránsito vía Pasto-Chachagüi (Aeropuerto) KM26+500- KM32+500



6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

6.5.1 Según evaluación de consistencia

La evaluación de la consistencia con base en los criterios de Lamm, permite identificar sectores críticos donde el trazado geométrico y la seguridad vial no son los adecuados debido a que existen cambios de velocidad que sobrepasa 20 km/h, obteniendo una consistencia pobre.

A continuación se identifican los elementos que presentan consistencia pobre según el sentido de tránsito y el criterio correspondiente (Ver anexo E).

Evaluación de elementos según el criterio I de Lamm en el Sentido Norte-Sur.

Para el caso de automóviles se presentan 31 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 8, 9; (KM 19+272.492 al KM 19+379.575), 38, 39, 40; (KM 20+779.941 al KM 21+003.486), 50, 51, 52, 53; (KM 21+441.979 al KM 21+759.584), 68; (KM 22+597.341 al KM 22+653.714), 74; (KM 23+139.177 al KM 23+256.269), 76, 77, 78, 79, 80; (KM 23+331.923 al KM 23+561.539), 82, 83; (KM 23+634.849 al KM 23+814.607), 86; (KM 23+965.690 al KM 24+201.089), 112; (KM 26+053.372 al KM 26+134.130), 114, 115; (KM 26+184.481 al KM 26+380.251), 152, 153; (KM 29+444.184 al KM 29+736.288), 159, 160, 161, 162, 163; (KM 30+333.969 al KM 30+908.515), 170 y 171; (KM 31+947.243 al KM 32+409.810) respectivamente.

Para el caso de buses se presentan 18 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 51; (KM 21+552.610 al KM 21+644.340), 54; (KM 21+759.584 al 21+799.316), 56, 57; (KM 21+850.937 al KM 21+971.115), 74; (KM 23+139.177 al KM 23+256.269), 78, 79; (KM 23 +397.641 al KM 23+516.894), 152, 153, 154; (KM 29+444.184 al KM 29+928.120), 159, 160; (KM 30+333.969 al KM 30+518.051), 162,163; (KM 30+598.476 al KM 30+908.515),

165; (KM 30+942.916 al KM 31+017.435), 169, 170 y 171; (KM 31+809.831 al KM 32+409.810) respectivamente.

Para el caso de camiones se presentan 3 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 59, (KM 21+997.659 al KM 22+054.729), 70 y 71; (KM 22+711.642 al KM 22+977.437) respectivamente.

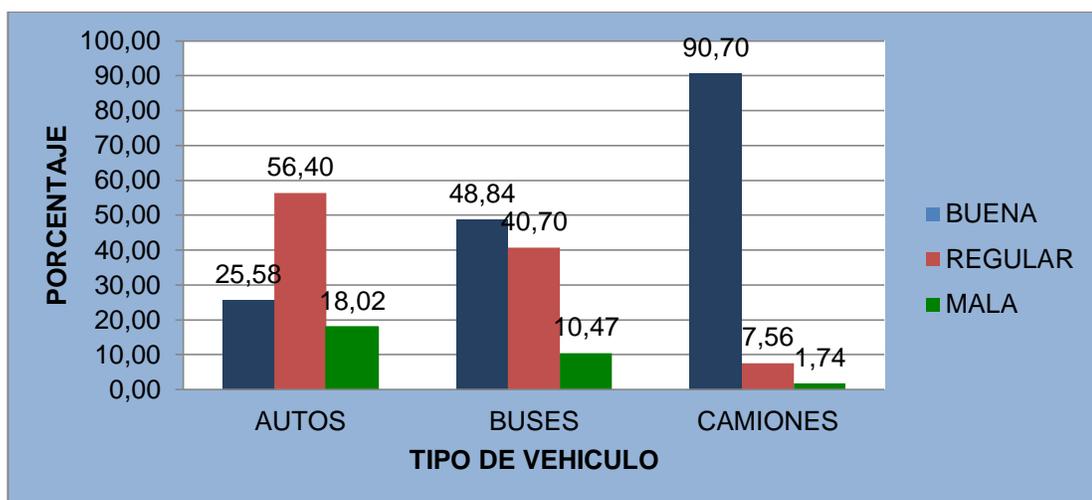
Con base en la información anterior y la información presente en el cuadro 13 se establece el resumen correspondiente al criterio I de Lamm para el sentido Norte-Sur del tramo vial objeto de análisis.

Cuadro 21. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio I de Lamm en el Sentido Norte-Sur.

VEHICULO	CONSISTENCIA			TOTAL
	BUENO	ACEPTABLE	POBRE	
AUTOS	44	97	31	172
BUSES	84	70	18	172
CAMIONES	156	13	3	172

Fuente: Esta investigación

Figura 15. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio I de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Norte-Sur.



Evaluación de elementos según criterio II de Lamm en el Sentido Norte-Sur.

Para el caso de automóviles se presentan 2 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 74; (KM 23+139.177 al KM 23+256.269), y 172; (KM 32+409.810 al KM 32+500) respectivamente.

Para el caso de buses se presentan 1 caso de consistencia pobre correspondiente al elemento 172; (KM 32+409.810 al KM 32+500) respectivamente.

Para el caso de camiones se presentan 1 registro de consistencia pobre correspondiente al elemento 172; (KM 32+409.810 al KM 32+500) respectivamente.

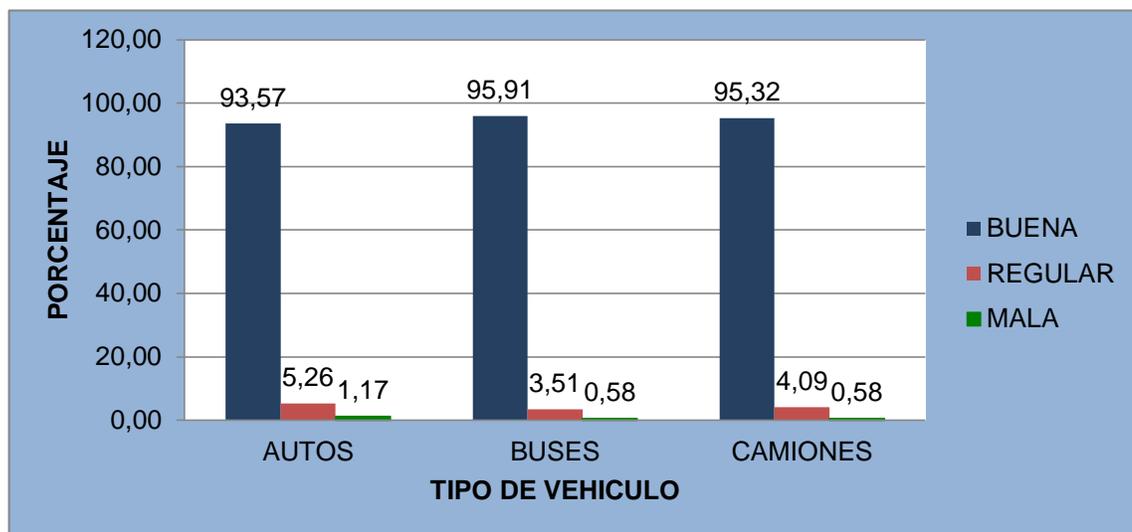
Con base en la información anterior y la información presente en el cuadro 13 se establece el resumen correspondiente al criterio II de Lamm para el sentido Norte-Sur del tramo vial objeto de análisis.

Cuadro 22. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio II de Lamm en el Sentido Norte-Sur.

VEHICULO	CONSISTENCIA			TOTAL
	BUENA	ACEPTABLE	POBRE	
AUTOS	160	9	2	171
BUSES	164	6	1	171
CAMIONES	163	7	1	171

Fuente: Esta investigación

Figura 16. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio II de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Norte-Sur.



Evaluación de elementos según el criterio I de Lamm en el Sentido Sur-Norte.

Para el caso de automóviles se presentan 53 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 15; (KM 19+661.532 al KM 19+712.956), 39, 40, 41, 42; (KM 20+805.728 al KM 21+066.773), 45, 46, 47, 48; (KM 21+140.072 al KM 21+386.199), 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61; (KM 21+552.610 al KM 22+136.126), 65, 66; (KM 22+320.255 al KM 22+510.913), 70; (KM 22+711.642 al KM 22+874.363), 79; (KM 23+433.504 al KM 23+516.894), 84; (KM 23+814.607 al KM 23+861.252), 86; (KM 23+965.690 al KM 24+201.089), 112; (KM 26+053.372 al KM 26+134.130), 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123; (KM 26+232.089 al KM 27+176.843), 139, 140; (KM 28+201.403 al KM 28+605.480), 152, 153, 154, 155, 156; (KM 29+444.184 al KM 30+181.688), 160, 161, 162, 163, 164; (KM 30+396.217 al KM 30+942.916), 166; (KM 31+ 017.435 al KM 31+509.066), 169, 170, 171, 172; (KM 31+809.831 al KM 32+500), respectivamente.

Para el caso de buses se presentan 19 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 39, 40, 41, 42; (KM 20+805.728 al KM

21+066.773), 70; (KM 22+711.642 al KM 22+874.363), 86; (KM 23+965.690 al KM 24+201.089), 119, 120; (KM 26+818.487 al KM 26+981.383), 152; (KM 29+444.184 al KM 29+627.160), 154; (KM 29+736.288 al KM 29+928.120), 160, 161, 162, 163, 164, 165; (KM 30+396.217 al KM 31+017.435), 170, 171, 172; (KM 31+947.243 al KM 32+500) respectivamente.

Para el caso de camiones se presentan 2 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 170; (KM 31+947.243 al KM 32+353.430) y 172; (KM 32+409.810 al KM 32+500) respectivamente.

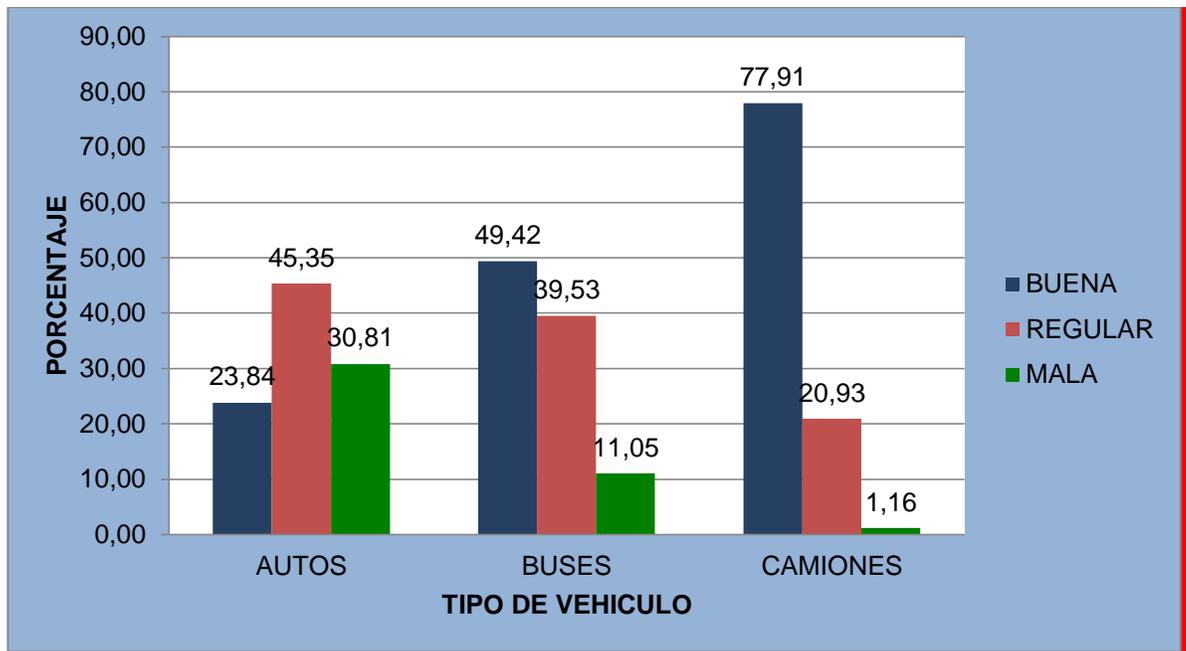
Con base en la información anterior y la información presente en el cuadro 14 se establece el resumen correspondiente al criterio II de Lamm para el sentido Norte-Sur del tramo vial objeto de análisis.

Cuadro 23. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio I de Lamm en el Sentido Sur -Norte.

VEHICULO	CONSISTENCIA			TOTAL
	BUENO	ACEPTABLE	POBRE	
AUTOS	41	78	53	172
BUSES	85	68	19	172
CAMIONES	134	36	2	172

Fuente: Esta investigación

Figura 17. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio I de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Sur-Norte.



Evaluación de elementos según criterio II de Lamm en el Sentido Sur-Norte.

Para el caso de automóviles se presentan 3 registros de consistencia pobre correspondiente a los elementos: 39; (KM 20+805.728 al KM 20+858.866), 170; (KM 31+947.243 al KM 32+353.430), 172; (KM 32+409.810 al KM 32+500) respectivamente.

Para el caso de buses se presentan 1 registro de consistencia pobre correspondiente al elemento 39; (KM 20+805.728 al KM 20+858.866).

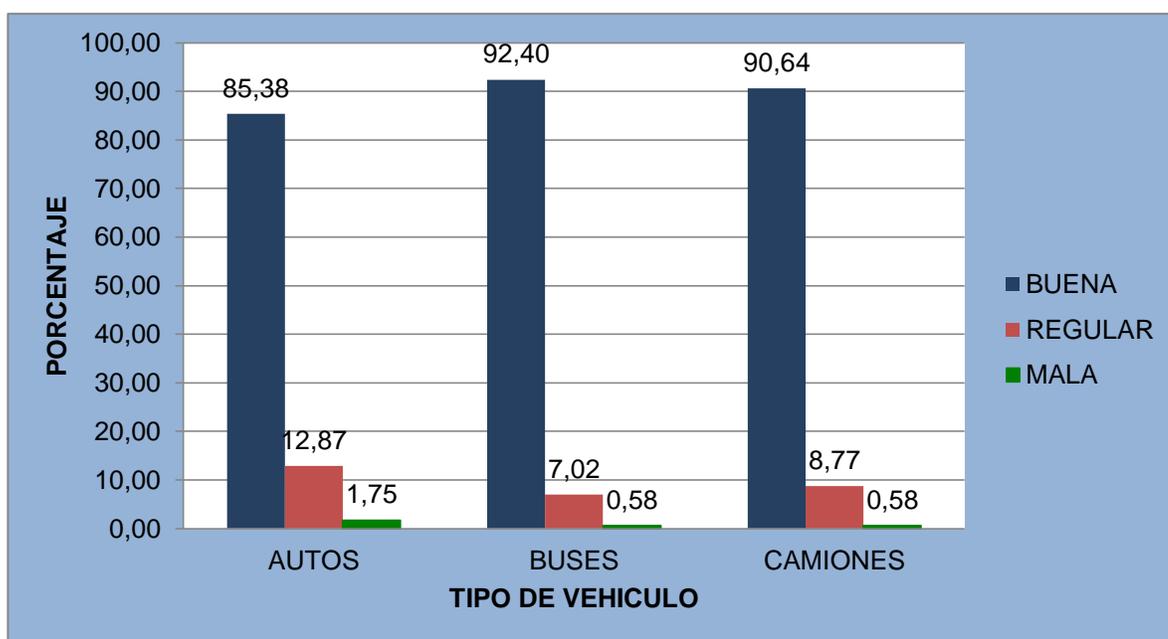
Para el caso de camiones se presentan 1 registro de consistencia pobre correspondiente al elemento 39; (KM 20+805.728 al KM 20+858.866).

Cuadro 24. Resumen Análisis de la consistencia según el criterio II de Lamm en el Sentido Sur-Norte.

VEHICULO	CONSISTENCIA			TOTAL
	BUENA	ACEPTABLE	POBRE	
AUTOS	146	22	3	171
BUSES	158	12	1	171
CAMIONES	155	15	1	171

Fuente: Esta investigación

Figura 18. Porcentaje de evaluación de la consistencia según el criterio II de Lamm por tipo de vehículo en el Sentido Sur-Norte.



6.5.2 Según distancia de visibilidad de parada en el paso nacional del casco urbano de Chachagüi

La entretangencia del sector consta de una longitud de 308.07 m con una pendiente de -6.537% y una velocidad específica de 43.13 km/h, en el sector se verificó los tramos correspondientes a intersecciones (tres tramos), el primer tramo consta con una longitud de 96.67 m, según cuadros 15 y 16 cumple con la

distancia de visibilidad de parada, sin embargo debido a la existencia del hospital de Chachagüi ubicado a una distancia de 52 m del inicio de la entretangencia, la distancia de visibilidad de parada no es la adecuada por lo que se recomienda la construcción de un puente peatonal en dicho tramo. El segundo tramo consta de una distancia de 90 m y el tercer tramo con una distancia de 87 m, según información de los cuadros 15 y 16, cumple con la distancia de visibilidad de parada.

6.5.3 Según distancia de visibilidad de adelantamiento

De acuerdo a la información plasmada en los cuadros 17 y 19, la mayoría de las tangentes no cumplen con la distancia de visibilidad de adelantamiento con excepción del elemento 138 que consta de una longitud de 308.7 m, correspondiente al sector del casco urbano del pueblo de Chachagüi.

7. CONCLUSIONES.

De acuerdo a la información reflejada en los perfiles de velocidad sobre velocidades de operación y velocidades de diseño, se puede deducir que en la mayoría del tramo en estudio, los vehículos transitan a una velocidad entre 35 km/h y 75 km/h, cuya mayor velocidad de tránsito es de los automóviles con excepción del sector Imperio de los Incas- Aeropuerto, que corresponde al tramo vial de doble calzada en donde los vehículos sobrepasan los 90 km/h.

En el tramo Imperio de los Incas- Aeropuerto (KM 30+257.71 a KM 32+500), se observa que las desviaciones estándar superan las 8 unidades en la mayoría de los elementos, debido a que el tramo mencionado es un tipo de carretera de doble calzada, donde las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos estudiados presentan gran variabilidad y tendencia al aumento de velocidad.

Los datos obtenidos sobre la velocidad de operación, se puede afirmar que los autos y buses tienen un mayor comportamiento en el desarrollo de sus velocidades, se incrementan en el sentido sur-norte debido que la mayoría de su trazado presenta pendiente descendente. En cuanto a los camiones; en algunas ocasiones, su comportamiento es menor a la velocidad específica del elemento, esto se debe a la diversidad de cargas que lleva éste tipo de vehículo.

Según la tabla 2.1 del Manual de Diseño geométrico de carreteras (cuadro 10), para el tramo correspondiente entre Palma alto- Imperio de los Incas (KM 18+971.875 - KM 30+219.696), catalogado como terreno montañoso y categoría de la vía primaria de una calzada, se obtiene una velocidad entre 60 y 90 km/h, para el tramo Imperio de los Incas-Aeropuerto (KM 30+295.835 - KM 32+500.), catalogado como terreno ondulado y categoría de la vía primaria de dos calzadas, se obtiene una velocidad entre 80 y 110 km/h, lo que implica que los trazados geométricos no cumplen con la norma colombiana de 2008 ya que fueron diseñados con velocidad de 30 y 60 km/h respectivamente.

Según los perfiles de velocidades se puede observar que en la mayoría del tramo la velocidad de operación sobrepasa la velocidad específica de cada elemento, lo cual indica que no cumple con el literal 2.1.3 Velocidad Específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008, el cual establece: “La velocidad máxima más probable con que sería abordado cada elemento geométrico es justamente su Velocidad Específica y es con la que se debe diseñar ese elemento”.

Al realizar la evaluación de la consistencia según el primer criterio de Lamm, que establece la comparación entre velocidad de operación y velocidad de diseño, se demuestra que predomina una consistencia pobre para automóviles en los dos sentidos de marcha con un porcentaje de 18.02% en el sentido norte-sur y 30.81% en el sentido sur-norte, esto infiere que el desarrollo tecnológico de los vehículos permite que los conductores transiten a mayor velocidad.

En el tramo comprendido entre las abscisas KM 21+140,072 hasta KM 22+136,126, que comprende los elementos 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, según el primer criterio de Lamm para automóviles en el sentido sur-norte, representa una consistencia pobre debido a que el trazado presenta una pendiente descendente con predominio de curvas de grandes radios lo que facilita la maniobrabilidad y confianza de los conductores al momento de transitar.

Al realizar la evaluación de la consistencia según el segundo criterio de Lamm, que establece la comparación entre velocidades de operación de elementos geométricos consecutivos, se presenta una consistencia pobre predominante para automóviles con 1.17% en el sentido norte-sur y 1.75% en el sentido sur-norte, lo que demuestra que el trazado de la vía no presenta dificultades de maniobra al momento de transitar por los elementos considerados.

Analizando los datos de accidentalidad correspondientes al tramo en estudio se puede afirmar que existe una relación directa con los puntos críticos en los cuales presenta problemas de consistencia según la comparación entre velocidad de

operación y velocidad de diseño, lo que permite identificar que los accidentes presentes en el lugar son producto del exceso de velocidad de operación.

En el sector comprendido entre las abscisas KM 21+003.486 al KM 21+134.756, que comprende los elementos 41, 42, 43, se observa que en el sentido sur-norte existe un cambio brusco de velocidad; la velocidad de operación de automóviles en el elemento 41 (curva) de 68 km/h decae a una velocidad de 55 km/h al elemento 43 (curva), lo mismo se observa en la velocidad de operación de buses en donde decae de 62 Km/h a 50Km/h. Se concluye que existe un punto crítico debido a que el elemento 41 es abordado con una velocidad aproximada a la del elemento 40, que corresponde a una entretangencia de 144.62 m, y se ve enfrentado a disminuir la velocidad en el elemento 43, debido a que el elemento 42 representa una tangente corta de 9.84 m. Además según el análisis de consistencia según el primer criterio de Lamm para autos y buses, representa una consistencia pobre para estos elementos.

Según la tabla 2.7 del Manual de diseño Geométrico de Carreteras, en el paso nacional del casco urbano de Chachagüi (KM 27+893.334 a KM 28+ 201. 403), no cumple con la distancia mínima de parada en la primera intersección, debido a la existencia de un puesto de salud que se encuentra a 52 m del inicio del tramo en sentido sur-norte, lo que influye en la disminución del tiempo para la percepción del conductor al enfrentarse a una maniobra de frenado al observar un obstáculo (vehículos o peatones) y pueda ocasionar un accidente.

Según la tabla 2.9, la mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos. Se verifico todas las tangentes de este tramo y se encontró que tan solo una tangente que corresponde al paso nacional del casco urbano de Chachagüi (KM 27+893.334 a KM 28+201.403), cumple con dicha distancia y según la tabla 2.10, oportunidades de adelantar por tramos de cinco kilómetros no cumple con el porcentaje mínimo requerido para ejecutar el adelantamiento (20% para velocidades de tramo entre 20 y 50 km/h).

La mayor parte de accidentes de tránsito a lo largo del trayecto Pasto-Chachagüi (Aeropuerto) KM 19+000 al KM 32+500, ocurren en las entretangencias horizontales con un 62.85%, sobre un 37.15% que ocurren en curvas horizontales, lo que permite deducir que la mayor incidencia de accidentes se dan por exceso de velocidad en entretangencias con longitudes mayores a 100 m.

8. RECOMENDACIONES

La consistencia vial es un aspecto y un tema que abarca muchos criterios, en el caso de la presente investigación la evaluación se realizó mediante un estudio de las velocidades de operación de los vehículos. Se recomienda realizar más estudios y utilizar otras metodologías con las que se analice otros aspectos de la consistencia que sirvan para complementar o mejorar el presente estudio.

Los puntos críticos como resultado de la investigación reflejan lugares que necesitan un mejoramiento en cuanto a aspectos geométricos como de seguridad vial, por lo que se recomienda a la empresa encargada del mantenimiento, tener en cuenta el presente estudio para mejorar las condiciones de seguridad y comodidad de la vía.

La realización de este estudio abarca 13.5 kilómetros de la vía Troncal de occidente o Ruta 25-2 Pasto – Chachagüi, la cual tiene un total de 27.5 kilómetros, por tanto es recomendable la realización de estudios similares al presente para tener una idea del comportamiento de las velocidades de operación a lo largo de toda la vía, así como la identificación de puntos críticos y la valoración de consistencia de la misma.

En el paso nacional del casco urbano de Chachagüi (KM 27+893.334 a KM 28+201.403), debido a que la distancia de visibilidad de parada no cumple con la distancia mínima según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, se recomienda la construcción de un puente peatonal debido a la existencia de un puesto de salud.

Debido a la presencia de múltiples accidentes en el sector del casco urbano del pueblo de Chachagüi (KM 27+893.334 a KM 28+201.403), se recomienda la implementación de señales de tránsito preventivas tanto horizontales como verticales, como reductores de velocidad, señalizaciones de pare entre otros.

Por la carencia de entretangencias para el sobrepaso vehicular, es necesario realizar una modificación al trazado geométrico que incluya el aumento de las longitudes de las tangentes y los radios de las curvas que garantice la distancia mínima de adelantamiento, así como las condiciones de seguridad y comodidad para transitar la vía.

9. BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VELEZ Carlos y RIVAS MUÑOZ Nelson. Conferencias de Ingeniería de tránsito. Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Vías y Transporte Universidad del Cauca. 2005

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

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

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

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

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

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

JIMENEZ PEREZ, Edgar Ramiro. Estudio sobre Velocidad Puntual Av. Ambalá entre Calles 67 y 69. Tesis Especialización en Vías y Transporte. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. 2007

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

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

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

POLICÍA NACIONAL DE COLOMBIA.

REYES SPÍNDOLA, Rafael y CÁRDENAS G, James. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. 7ª ed. México, D.F. Alfaomega, 2000.

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

UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ. Diseño Geométrico de vías.

10. CIBERGRAFÍA.

KMesidencia.gov.co/KMensa_new/sne/2005/octubre/31/11312005.htm

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Página Web.Glosario.

ANEXOS

ANEXO A. Planos planta perfil trayecto Pasto – Chachagüi (Aeropuerto)

KM 19+000 - KM 32+500

Formato DWG AUTOCAD 2010.

(DIGITAL)

ANEXO B. Registros de velocidad de operación y análisis estadístico
KM 19+000 – KM 32+500
(DIGITAL)

ANEXO C. Perfil de velocidades Pasto-Chachagüi (Aeropuerto)

KM 19+000 - KM 32+500

(DIGITAL)

ANEXO D. Análisis consistencia Pasto – Chachagüi (Aeropuerto)

KM 19+000 – KM 32+500

(DIGITAL)

ANEXO E. Análisis consistencia Pasto – Chachagüi (Aeropuerto)

KM 19+000 – KM 32+500, según análisis de resultados

Imágenes Ilustrativas

(DIGITAL)