



Relación técnica entre seguridad vial, accidentalidad y lineamientos de diseño geométrico. Estudio de caso: Vía Manizales – Neira (Colombia)

Technical relationship between road safety, accidentality and geometric design. Case study: Route Manizales - Neira (Colombia)

GÓMEZ, María Camila [1](#); ESCOBAR, Diego Alexander [2](#); URAZÁN, Carlos Felipe [3](#)

Recibido: 16/05/2017 • Aprobado: 22/06/2017

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Agradecimientos](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

Mediante la presente investigación se buscan las posibles relaciones que existen entre los lineamientos normativos de diseño geométrico y las reales condiciones de accidentalidad para un tramo en particular. El caso de estudio analizado se enmarca en la vía Manizales – Neira (Departamento de Caldas – Colombia), partiendo del registro de accidentes entre los años 2014 -2016 y las características geométricas actuales de dicho corredor vial. Se identifican los puntos críticos tanto desde el punto de vista de accidentalidad como de características de diseño geométrico y se proponen acciones que fomenten en éstos el aumento de la seguridad vial.

Palabras clave Accidentalidad, auditorías, seguridad vial, diseño geométrico.

ABSTRACT:

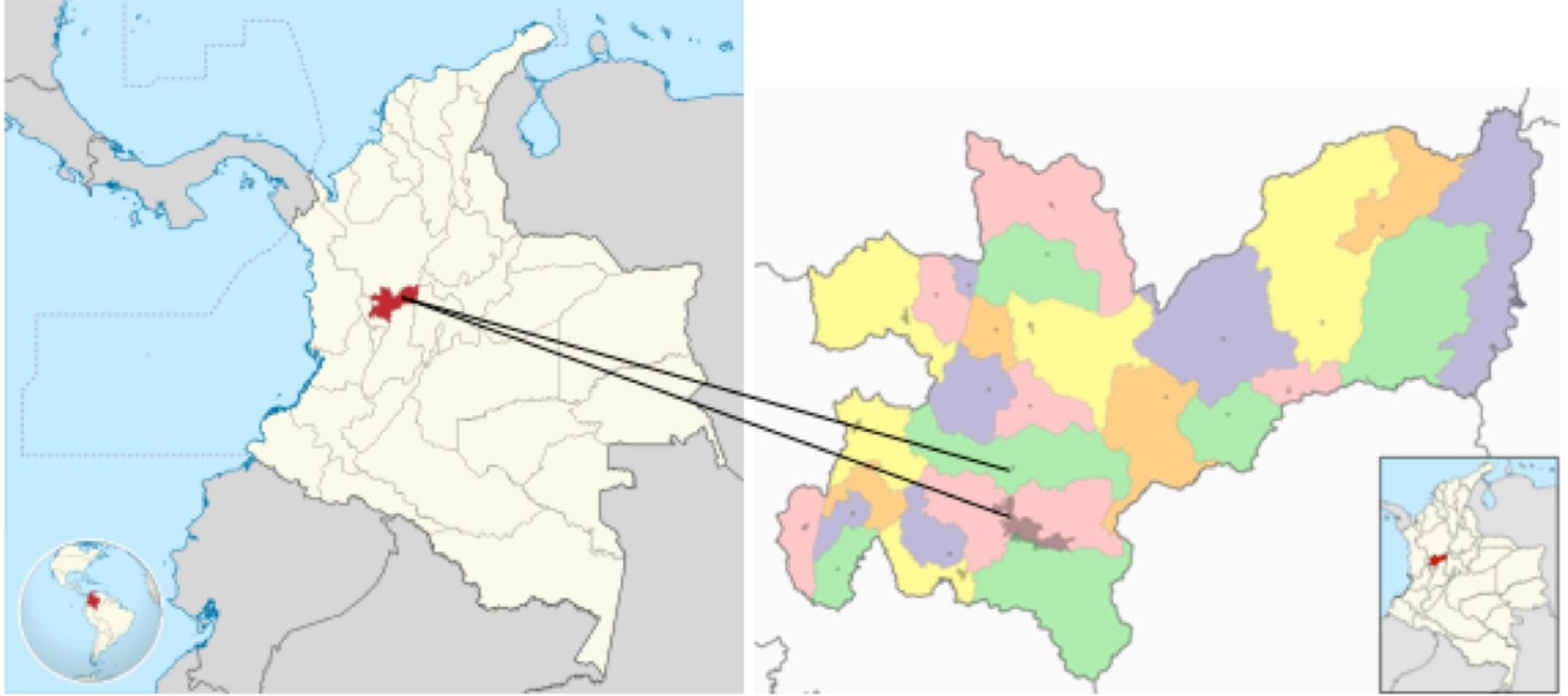
The present research search possible relationships that exist between the geometric design guidelines and the actual conditions of accidentality for a particular road sector. The case study analyzed is part of the Manizales - Neira road (Department of Caldas - Colombia). Based on the accidents data base between 2014 and 2016 and the current geometric characteristics of this road corridor. The critical points are identified both from the point of view of accidents and features of geometric design. We propose actions that encourage them to increase road safety.

Keywords Accidentality, audits, road safety, geometric design.

1. Introducción

En Colombia, en la región centro – occidente del país (Figura 1) se encuentra el Departamento de Caldas, en el cual a su vez, se localiza la vía Manizales – Neira. Este corredor vial es significativo para el Departamento ya que es el tramo por el cual se comunican los municipios del norte de Caldas como lo son Salamina, Filadelfia, Aránzazu, entre otros, con la ciudad de Manizales.

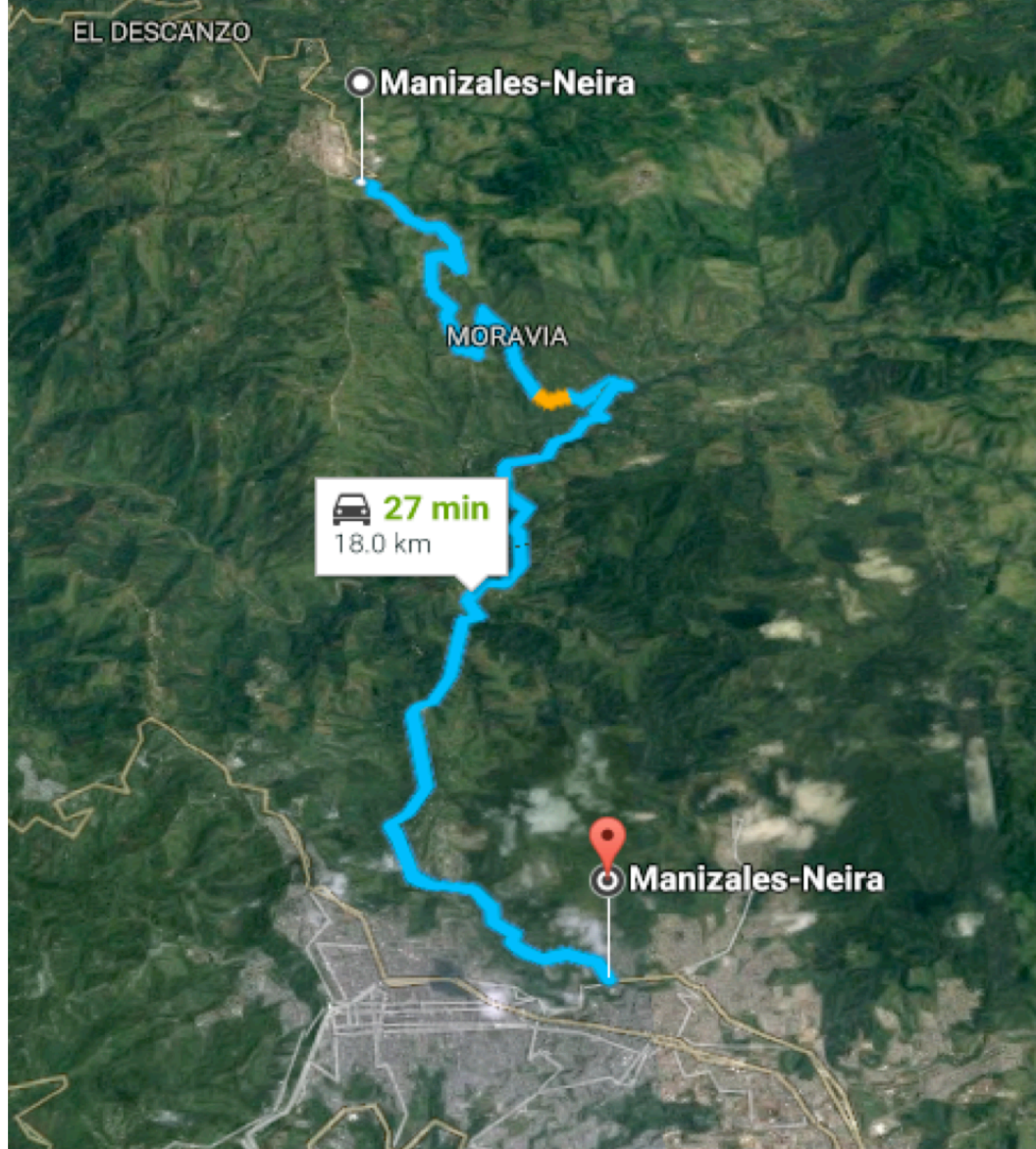
Figura 1. Localización General



Fuente: Instituto geografico Agustin Codazzi, 2017.

El tramo carretero posee una longitud de 18 Kilómetros (Figura 2), ancho promedio vial de 7.0 metros y una superficie de rodadura, al inicio en pavimento rígido y al final en flexible. Soporta un Tránsito Promedio Diario – TPD de 1839 vehículos según el último conteo realizado por el INVIAS; este volumen vehicular se presenta debido a la integración económica y a la cercanía entre los municipios. Dada la importancia de esta vía, en el año 2010 y luego de evidenciarse problemas de deterioro en la carretera, se realizó el diseño de su rehabilitación. En dicho diseño se conservó el alineamiento horizontal y vertical, mejorándose la circulación en la carretera por medio de intervenciones en la superficie de rodadura. Dicho estudio fue realizado por la empresa de consultoría QUASAR Ingenieros Consultores, entre las conclusiones desarrolladas en el informe final se evidenció que “Se presentan curvas con un radio menor de 41 metros que es el radio mínimo para el diseño de esta vía, tomando como referencia la velocidad de diseño de 40 Km/h y adicionalmente posee contracurvas sin una longitud entre tangentes aceptable, lo que genera riesgos de accidentes ante exceso de velocidad.” (QUASAR ingenieros consultores, 2010), lo cual advierte las posibilidades de colisiones en la vía generados por las condiciones de diseño geométrico de la vía.

Figura 2. Vía Manizales – Neira



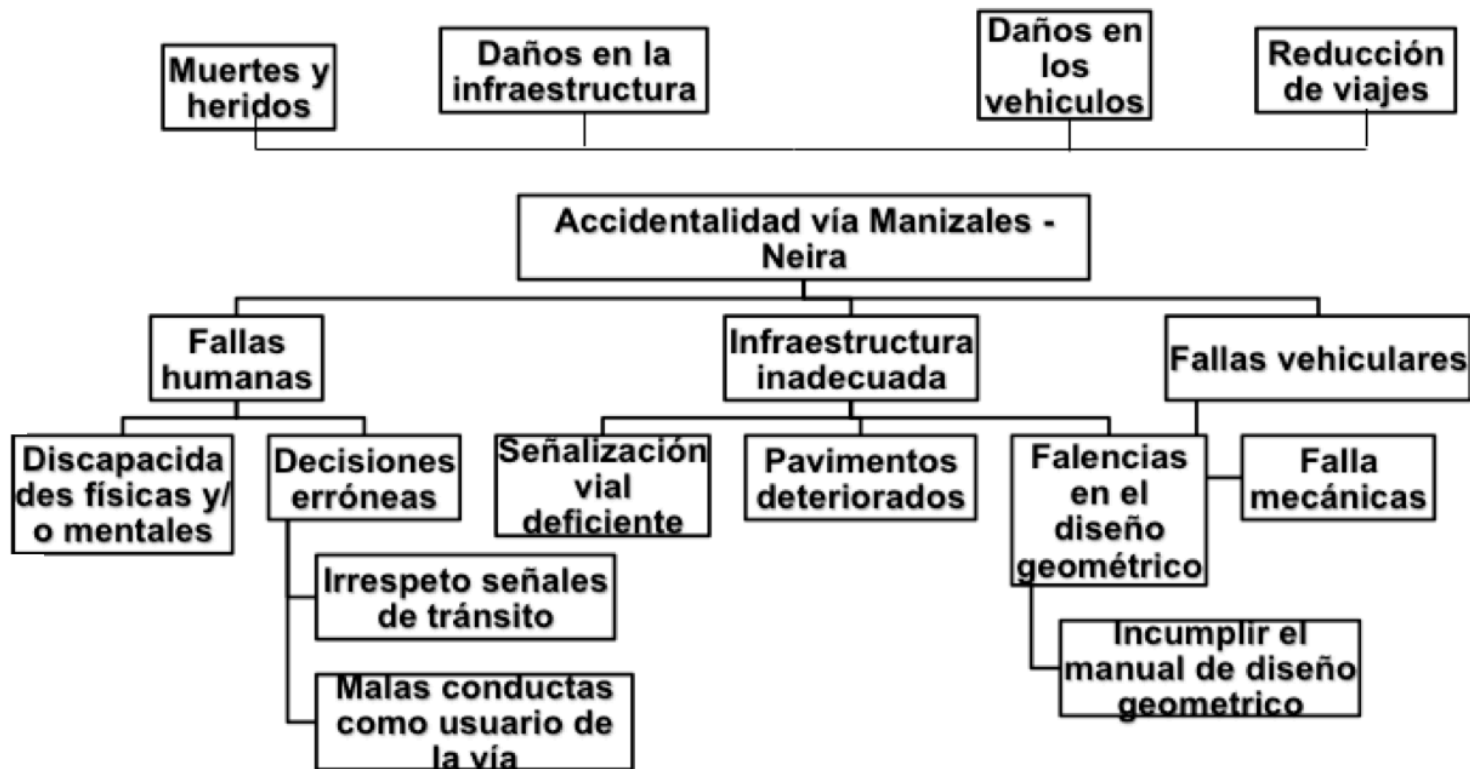
Fuente: Googleearth, 2016.

Los accidentes ocurridos en la vía Manizales – Neira, como en otros corredores viales, pueden generarse por diversos motivos como fallas humanas debido a discapacidades físicas y/o mentales y decisiones erróneas de los usuarios; adicionalmente las colisiones pueden ser causadas por fallas vehiculares que se deben a falencias mecánicas y por último la infraestructura inadecuada también puede generar accidentes, este aspecto reúne la señalización vial deficiente, pavimentos deteriorados e incumplimiento del Manual Colombiano de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS del año 2008.

Cada colisión en la vía puede generar heridos o muertos, lo cual es un problema que afecta a la salud pública. En Colombia los accidentes son la segunda causa de muerte en el país y la primera causa de muerte de los jóvenes colombianos menores de 30 años (Ministerio de Transporte de Colombia, 2015).

Adicionalmente se pueden presentar en cada accidente pérdidas económicas, tanto por daños en los vehículos, como para las entidades administradoras de los corredores viales, por daños en la infraestructura vial y en una posible reducción de viajes, lo cual generaría impactos económicos a las regiones que se favorecen por la integración económica que toma como medios de comunicación principales a las carreteras. Las causas y efectos presentados anteriormente se representan a continuación en la Figura 3, a través de la definición del árbol de problemas.

Figura 3. Árbol de problemas.



Fuente: Elaboración propia.

A partir del diseño geométrico se presenta la oferta que se le brindará al usuario para movilizarse y este tendrá gran influencia en cómo actuará él al transitar en el corredor vial, por esta razón es importante conocer la influencia que éste puede tener en las colisiones y así tomar acciones para disminuir y prevenir los accidentes generados, posiblemente, por el incumplimiento a la normativa Colombiana en esta temática. De acuerdo a lo anterior, es necesario realizar una evaluación de las condiciones geométricas actuales de este corredor vial, verificar si éstas condiciones cumplen con los requerimientos mínimos según la normativa Colombiana y la relación que tienen estos parámetros en los accidentes ya registrados, para poder identificar los puntos críticos donde se debe desarrollar soluciones con el fin de garantizar la seguridad de los usuarios.

A nivel Nacional, en el año 1987, se desarrolló un estudio de accidentalidad en los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila, en el cual se tenía como objetivo identificar puntos críticos de accidentalidad relacionados con las causas más probables, buscando estrategias que permitiesen disminuir los accidentes en donde la vía tenía incidencia; dicho estudio se desarrolló a lo largo de 1388 Kilómetros (Lozano, 1987). En el año 2009 ingenieros de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá realizaron la investigación sobre "La Incidencia de las características geométricas y de tránsito de vías en alta montaña y de bajas especificaciones geométricas sobre la accidentalidad, caso plan 2500: Departamento del Quindío", en la anterior se llegó a la conclusión por medio de un análisis de regresión múltiple que existe una evidente relación entre la accidentalidad y las características geométricas de la vía, con un mayor nivel de correlación para tramos curvos que para tramos rectos (Flórez, et al., 2009).

El ingeniero civil Ary Bustamante de la Universidad del Cauca resaltó los parámetros de una vía segura, como ejemplo, enuncia que se deben evitar los accesos no controlados como los estaderos o las entradas a las fincas, el desarrollo tiene que ser con vías de servicio a los costados y adicionalmente mencionó que es muy importante que la carretera establezca una armonía entre los tres factores en la fase de diseño de una carretera, ya que con un diseño geométricamente bueno, es posible compensar los otros factores y así disminuir el número de accidentes de tráfico (Bustamante, 2011).

Ingenieros de la Universidad Francisco de Paula Santander (Guerrero Barbosa, et al., 2015) ejecutaron la investigación de los efectos de los atributos asociados a geometría vial, volúmenes vehiculares y velocidades en la incidencia de accidentes en una ciudad intermedia,

concluyéndose que a mayor número de intersecciones en una vía, mayor es el riesgo de colisiones entre vehículos debido a los conflictos de cruce, además, que entre mayor sea el volumen de tráfico de vehículos pesados mayor será el número de accidentes ya que estos viajan a velocidades más bajas y aumentan el riesgo de accidentes con vehículos que intentaran sobrepasarlos.

A nivel internacional se desarrolló un estudio de accidentalidad de las carreteras rurales de dos carriles en el estado de Nueva York, concluyendo que "Las curvas horizontales en las carreteras son en promedio más peligrosas que las secciones rectas. A medida que aumentan sus curvaturas, las curvas horizontales tienden a tener mayores tasas de accidentes. La reducción de velocidad, cuando el vehículo se mueve de una sección recta a una curva, tienen un impacto significativo en la seguridad del tráfico" (Lin, 1990). Por otra parte, Harwood & Hummer (2000) concluyeron en su investigación sobre los efectos de los elementos geométricos de las carreteras en la seguridad, que "los elementos del diseño geométrico de las vías juegan un papel importante en definir la eficiencia operacional de cualquier camino; estos son clave porque influyen en las operaciones del tránsito y la seguridad vial. Entre los elementos más relevantes tenemos: el número y ancho de carriles, la presencia y ancho de bermas, el alineamiento horizontal y vertical de la carretera, y la señalización"; adicionalmente señalaron que el diseño de carreteras seguras debe ser centrado en el usuario, buscando siempre minimizar la posibilidad de salirse de la vía y de sufrir choques frontales y laterales.

Posteriormente Karlaftis & Golias (2002) realizaron su trabajo sobre los efectos que la geometría y volúmenes de tránsito tenían sobre los niveles de accidentes en vías rurales, encontrando que los resultados difieren entre vías de dos carriles y vías multicarril, además que las variables más importantes que afectan las tasas de accidentes son el diseño geométrico y la condición del pavimento.

En el tema del comportamiento humano y seguridad vial, se evidenció que la velocidad de conducción apropiada se establece para cada tipo de carretera o sección de carretera de acuerdo con el diseño geométrico de la misma. Pero la velocidad también se ve afectada por las condiciones psicológicas y sociales de los conductores, por el tiempo de conducción y otros factores humanos. Por lo tanto, la opinión y el comportamiento auto declarado de los conductores sobre el exceso de velocidad es un asunto serio que debe tenerse en cuenta al establecer y hacer cumplir los límites de velocidad (Yannis, et al., 2013).

Adicionalmente, Shinar (2007) definió que el diseño geométrico de la carretera también puede crear una situación en la que los conductores se sienten muy seguros, lo cual permite aumentar la velocidad de operación, reducir la atención, y sufrir de aburrimiento y somnolencia; dado lo anterior, la carretera debe ser diseñada de tal forma que se pueda transmitir la existencia de algún riesgo dada una conducta errada de los usuarios.

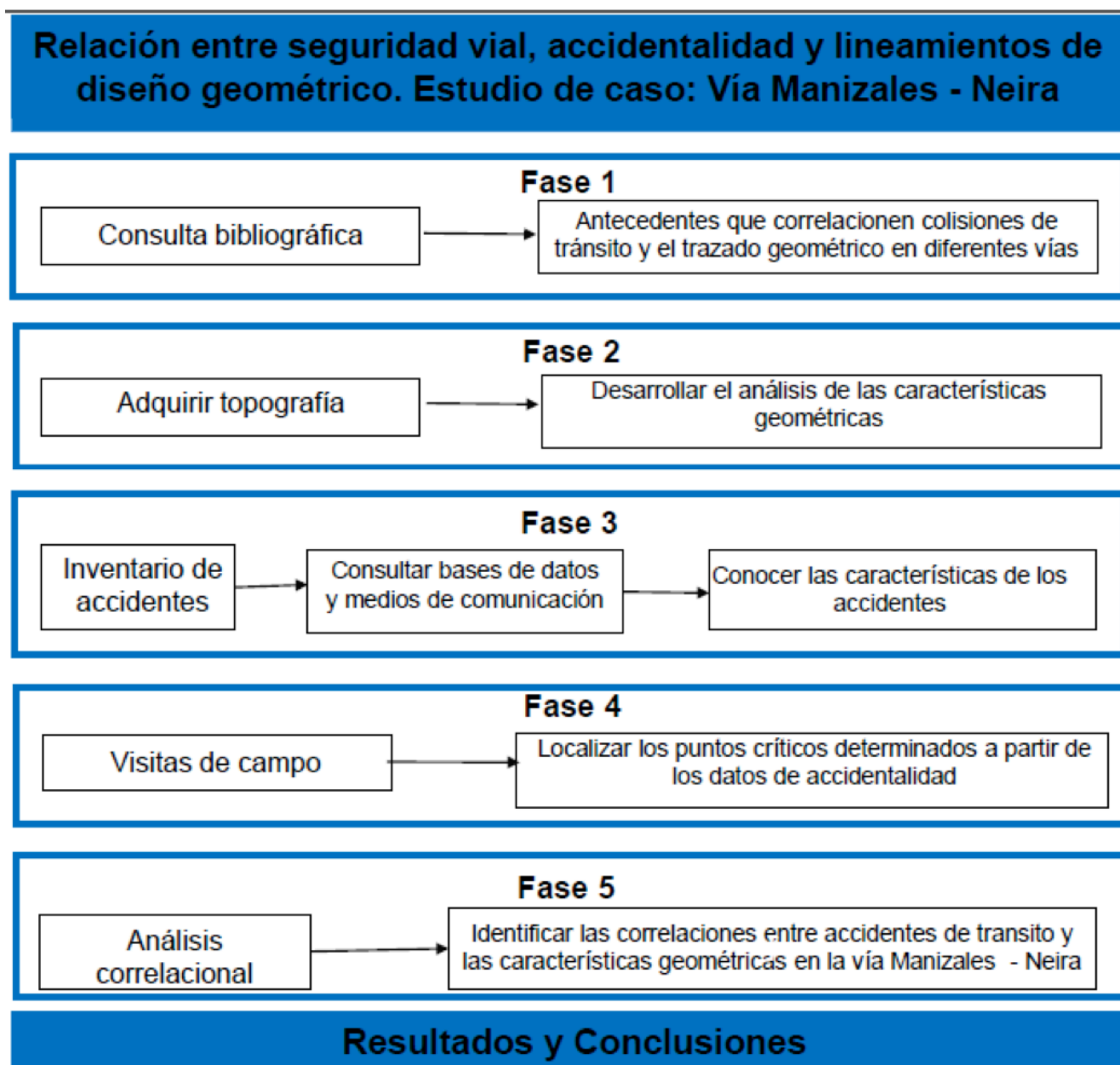
Gargoum & El Basyouny (2016) exploraron en Canadá, las relaciones entre velocidad y seguridad, encontrando que los accidentes no pueden ser atribuidos a un solo factor, debido a que características de la carretera, factores climáticos y factores temporales tienen influencia en la relación velocidad – colisión. Además que la velocidad media afecta significativamente la frecuencia de choques, los aumentos en colisiones están asociados a los aumentos en velocidades. Las últimas investigaciones sobre los temas de accidentalidad, diseño geométrico y seguridad vial se tienen en el año 2016 en donde se llegaron a conclusiones similares (Russo, et al., 2016; Divya, et al., 2016) como que los elementos geométricos muy restrictivos tales como distancias de visión muy cortas o curva horizontal aguda resultan en un índice de accidentes considerablemente más alto, las curvas horizontales son más peligrosas cuando se combinan con gradientes y superficies con bajos coeficientes de fricción, y finalmente, que las curvas horizontales tienen mayores tasas de choque que las secciones rectas de longitud y composición de tráfico similares.

2. Metodología

La información requerida para realizar el trabajo de grado son los datos de accidentalidad del corredor vial y el diseño geométrico de este, la metodología aplicada está compuesta por cinco fases y se observa en la Figura 4.

- Consulta bibliográfica: Antecedentes en diferentes bases de datos con el fin de conocer las relaciones que se han determinado en otros estudios entre las colisiones de tránsito y el trazado geométrico de diferentes vías.
- Adquirir la topografía: Para desarrollar el análisis de las características geométricas. Esta información será suministrada por la empresa Quasar Ingenieros Consultores SAS, ya que esta entidad fue la encargada de realizar el diseño de rehabilitación vial de la vía Manizales – Neira en el año 2010.
- Realizar el inventario de accidentes: por medio de las bases de datos que poseen la Secretaría de Tránsito, Medicina legal y medios de comunicación.
- Efectuar visitas de campo: Con el fin de localizar los puntos críticos determinados a partir de los datos de accidentalidad, y en estos obtener un registro fotográfico de la zona para tener una descripción de las características geométricas más detallada.
- Relacionar el historial de los accidentes con el diseño geométrico de la vía Manizales – Neira.

Figura 4. Diagrama de flujo actividades a desarrollar.



Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados

3.1. Accidentalidad

Con el fin de realizar un inventario de los accidentes ocurridos en la vía objeto de estudio, se acudió a la Secretaria de Tránsito y Transporte de Manizales para solicitar información de eventos en el corredor vial Manizales – Neira; dicha entidad proporcionó una base de datos de los accidentes ocurridos en la ciudad desde el año 2014 hasta el 2016 (inclusive), en la cual es posible identificar fecha, gravedad y ubicación del incidente. A partir de ello fue posible identificar cinco puntos críticos ubicados en las abscisas que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Inventario accidentes puntos críticos vía Manizales – Neira

ABSCISA	NÚMERO DE ACCIDENTES
K0+000	7
K1+000	6
K1+200	3
K2+000	4
K6+000	4

Se registraron durante los tres años un total de 56 accidentes, de los cuales el 39% ocurrieron en el año 2014, el 34% en el año 2015 y el 27% en el año 2016; lo anterior permite establecer que el número de accidentes ha disminuido a lo largo de estos tres años de análisis. Los meses en donde se registraron un mayor número de colisiones fueron los meses de marzo y septiembre, identificando como el de menor número de registros el mes de octubre. Por otra parte, analizando la gravedad de los incidentes, fue posible establecer que en su gran mayoría se registraron lesionados (62%), incidentes con sólo daños materiales en segundo lugar (36%) y encontrando que fue en uno de los puntos identificado como crítico en el cual se registraron los eventos con fallecidos (K1+200), representando el 2% de los eventos.

3.2. Análisis características geométricas

Velocidad

De acuerdo con Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, la clasificación de la vía según su funcionalidad y terreno es un corredor vial Secundario y Montañoso, a partir de estas características se puede determinar la velocidad de diseño en tramos homogéneos (VTR), la cual es de 40 Km/h, debido a que en Colombia la velocidad máxima a la que realmente viajan los conductores la define la oferta del trazado geométrico, el estado de la superficie del pavimento, las condiciones climáticas, los volúmenes vehiculares y el tipo de vehículo en el que transiten los usuarios (INVIAS, 2008).

Todos estos elementos generan incertidumbre sobre cuál será la velocidad real a la que transitarán los vehículos, es por esto que basado en la idiosincrasia de los Colombianos al conducir, el Manual de Diseño Geométrico de Vías ha utilizado el término Velocidad Específica, que se define como: La velocidad máxima más probable en la que se puede abordar cada elemento geométrico. Conocer este valor permite tener la base para determinar los demás elementos que componen los lineamientos geométricos de una vía.

Peralte máximo

Estas inclinaciones presentes en los bordes de la vía son necesarias para generar seguridad a los usuarios, debido a que generan un balance de fuerzas con el fin de evitar el desvío de los vehículos en las curvas. Partiendo de la clasificación del corredor vial Manizales – Neira, se

determinó que el peralte máximo debe ser de 8% ya que este valor certifica la seguridad de los vehículos e impide incomodar a otros vehículos que viajan a velocidades menores (Tráfico pesado). En los 18 Km de vía se identificaron un total de 214 curvas, de las cuales el 55% tiene un peralte mayor al máximo estipulado según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, situación que no sólo puede generar incomodidades para los usuarios en el momento de maniobrar en dichas curvas, sino que puede incrementar las probabilidades de que se presenten accidentes, dado el incumplimiento de este parámetro geométrico.

Radio de curvatura Mínimo

Partiendo del peralte máximo (8%) y coeficiente de fricción máximo **fTmax** (0.23) para una velocidad de 40 Km/h, se determinó que el radio de curvatura mínimo en la vía Manizales – Neira es de 41 m. El radio mínimo sólo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores (INVIAS, 2008). Analizando las carteras de diseño geométrico se concluye que el 33% de las curvas tienen un radio inferior al mínimo, teniendo que en la curva # 126 se encontró el menor valor de radio (15 m), iniciando la curva en la abscisa K10+968 y finalizando en la abscisa K10+987.

Valor del peralte (e) en función de la velocidad y el radio de curvatura

Partiendo del valor del radio de curvatura asignado a cada curva horizontal se debe determinar el peralte que debe tener dicho elemento geométrico para permitir la circulación de los vehículos con total seguridad, este cálculo se realizó para las curvas con radios menores al mínimo en donde se requiere un peralte mayor al 8% recomendado anteriormente y teniendo en cuenta una velocidad de 40 Km/h, la cual es el escenario que se podrá encontrar con mayor frecuencia en la vía. Adicionalmente se debe mencionar que al momento de realizar el diseño de la rehabilitación vial de este corredor la empresa QUASAR Ingenieros Consultores propuso unos peraltes mayores al 8% recomendado por el Manual de Diseño Geométrico, con el fin de no generar desniveles entre las cotas de terreno actuales y las cotas de diseño (QUASAR Ingenieros Consultores, 2010).

Se evidencia que en algunos casos en donde el radio es inferior al mínimo como el menor que es de 15 m, se requería un peralte de 61% aproximadamente para permitir el tránsito de vehículos con total seguridad, es por esta razón que se debe evitar utilizar estos elementos geométricos ya que no es posible generar este peralte y la circulación de los vehículos es insegura. Adicionalmente es posible observar que en algunos casos se cuenta con peraltes mayores a los requeridos en estos radios mínimos. La diferencia de peraltes se encuentra en un rango entre 0.04% hasta 59%.

Tangente vertical

Estos elementos son las líneas rectas que unen las curvas verticales, estos deben cumplir con unas pendientes mínimas y máximas expresados en porcentaje (%), determinadas para cumplir con la comodidad y seguridad del usuario y el adecuado drenaje de las aguas lluvias de la superficie de rodadura.

Los criterios de pendiente mínima para las vías según la normativa exigen que sea como mínimo de 0.5% y la pendiente máxima según la velocidad de diseño y la categoría de la vía sea de 7%. De acuerdo con estos porcentajes se pudo verificar el cumplimiento de los parámetros en la vía Manizales – Neira, en general se tienen 346 tangentes verticales de las cuales el 98% cumple satisfactoriamente los límites expuestos anteriormente y solo el 2% de rectas tienen pendientes mayores o menores a las estipuladas. Adicionalmente las tangentes verticales deben cumplir con una longitud mínima dependiendo de la velocidad, la cual debe ser la longitud en la que según una velocidad de 40 Km/h se recorra en 7 s, para la vía Manizales Neira es de 80 m. Según las carteras y los planos de diseño geométrico, el 84% de las 261 tangentes verticales existentes no cumplen con la longitud mínima exigida.

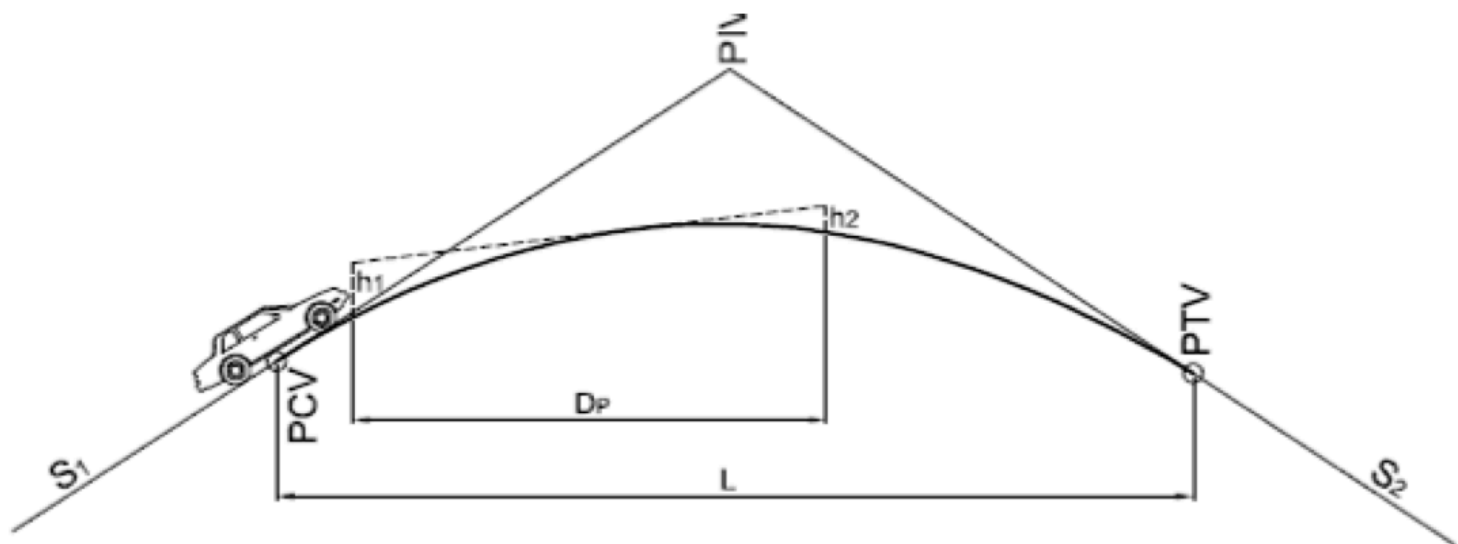
Curvas verticales

Estos elementos geométricos curvos son arcos parabólicos que tiene como función el paso gradual de una pendiente a otra, las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas y dependiendo de esta característica deberán cumplir diferentes parámetros de seguridad para los usuarios, como lo son criterios de seguridad, operación y drenaje. Para garantizar estos 3 factores, se debe cumplir con: una distancia de visibilidad de parada de 50 m, valores de K_{min} de 4 para curvas convexas y de 9 para cóncavas y adicionalmente un longitud mínima de curva de 24 metros según criterios de operación (INVIAS, 2008).

En total se presentan 85 curvas verticales de las cuales 47 son convexas y 38 son cóncavas; en general según las carteras de diseño geométrico se puede observar que las primeras cumplen los parámetros de K_{min} en un 98% y las segundas lo cumplen en un 78% de los casos. Por otra parte, según los criterios de operación para que el usuario no tenga una impresión de un cambio repentino de pendiente, la longitud mínima que deben tener las curvas verticales es de 24 m, el 72% de las 85 curvas verticales existentes en la vía Manizales – Neira cumplen con este aspecto.

La distancia de parada fue medido en los casos de curvas convexas debido a que como se evidencia en la Figura 5, sólo en ciertos puntos de la curva es posible observar los obstáculos al otro costado de está. Según la cartera de diseño geométrico entre las abscisas K15+824.39 y K15+834.39, se presenta la única curva vertical en donde no se cumple ninguno de los parámetros estipulados para las curvas verticales debido a que cuenta una longitud de curva de 20 m, un valor de K_{min} de 3.7 y una distancia de parada de 47.3. En las demás curvas se convexas se cumplen tanto el valor de K_{min} como el de distancia de parada.

Figura 5. Curvas verticales convexas



Fuente: (INVIAS, 2008)

3.3. Análisis relacional

A partir del análisis de los lineamiento geométricos tanto en planta como en perfil del diseño geométrico de la vía Manizales – Neira, y la adquisición de la base de datos de los accidentes registrados en el corredor vial y posterior procesamiento de esta, fue posible relacionar los elementos anteriormente expuestos con el fin de generar conclusiones entre las posibles coincidencias que estos pueden presentar. Esta relación se desarrolló, identificando en cada punto crítico encontrado, a partir de la frecuencia de accidentes y los lineamientos geométricos presentes en estas zonas y si estos cumplen con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, como se expondrá a continuación:

Punto Crítico #1, K0+000

Es en este lugar donde se presentan mayor números de accidentes en la vía, 7 en total, de los cuales 4 colisiones presentaron daños y 3 lesionados; en el diseño en planta corresponde al inicio de una recta de aproximadamente 100 m, adicionalmente el peralte en este punto es de

2% correspondiente al bombeo. En perfil se cuenta con una tangente vertical de aproximadamente 2.2% de pendiente la cual cumple con los aspectos expuestos en el Manual mencionado anteriormente. Se debe resaltar que en este punto confluyen varias vías como lo son la avenida Kevin Ángel, el corredor vial objeto de estudio y la calle 45 B; como se observa en la Figura 6.

Figura 6. Vista en planta del punto crítico #1, K0+000



Fuente: (Alcaldía Manizales, 2017).

Es por la anterior razón que puede tener influencia el número superior de vehículos que circulan con que la cantidad de colisiones presentadas en esta zona sea el mayor valor de la vía Manizales – Neira, debido a que se deben sumar los vehículos de las otros dos corredores mencionados, sumando a ello el entorno urbano del sitio.

Punto Crítico #2, K1+000

De acuerdo con la base de datos de accidentalidad se identificaron 6 colisiones ocurridas en este punto entre los años 2014 al año 2016, en los cuales se presentaron 3 accidentes con daños y 3 con lesionados. Este punto se localiza en una recta de 43 m que une dos curvas de radios de 49 y 79 metros respectivamente (Ver Figura 7), el peralte con el que sale de la primera curva es de 10.68% e inicia la siguiente con un peralte de 8.24%, estos dos valores son superiores al recomendado en el Manual de Diseño Geométrico.

En cuanto al diseño presentado en perfil, se identifica el elemento geométrico como una tangente con pendiente de -7% y una longitud de 114 m las cuales cumplen con los parámetros expuestos en el manual anteriormente mencionado.

Figura 7. Vista en planta del punto crítico #2, K1+000



Fuente: (Alcaldia Manizales, 2017)

Punto Crítico #3, K1+200

En esta abscisa fueron registrados 3 accidentes entre los años que se tiene datos, de los cuales en se presentó una colisión con daños, otra con lesionados y la última con 2 muertes el 20 de Julio de 2016, "Se trata de un motociclista y su acompañante quienes según el Secretario de Transito de Manizales, Carlos Alberto Gaviria, invadieron el carril y chocaron contra una buseta de servicio público" (Caracol Radio, 2016). En el diseño geométrico se presentan las siguientes características: Corresponde a una recta de 24 metros que une dos curvas con radios inferiores al mínimo establecido, 30.6 y 40 metros respectivamente (Ver Figura 8).

Figura 8. Vista en planta del punto crítico #3, K1+200



Fuente: (Alcaldia Manizales, 2017)

Debido a la cercanía entre las dos curvas y el tamaño de los radios se cuenta con un peralte del 11 % el cual es un valor mayor al permitido, pero que no es suficiente para permitir la circulación segura de vehículos en el primer radio de curvatura debido a que para este valor se requiere un peralte de 18% aproximadamente. En perfil se ubica en una tangente de 116 m y 5% de pendiente, en donde se cumple lo establecido en el marco teórico (longitudes de

tangentes verticales superiores a 80 m y pendientes inferiores a 7%).

Punto Crítico #4, K2+000

En este punto es donde se presenta el desvío al barrio Puerta del Sol como se aprecia en la Figura 9, el cual en los últimos años ha presentado un crecimiento, por lo cual pueden ocurrir conflictos al ingreso de vehículos de esta zona hacia la vía objeto de estudio, en la siguiente imagen se puede observar el barrio mencionado y el corredor vial Manizales - Neira. Los accidentes ocurridos entre el 2014 y 2016 fueron 4 entre los cuales solo ocurrieron lesionados.

El elemento geométrico en planta al que pertenece este punto es una tangente de 65 m de longitud la cual une dos curvas en la que la primera presenta una radio de 30.3 m que es menor al permitido y la segunda de 61 m de radio de curvatura.

Figura 9. Vista en planta del punto crítico #4, K2+000



Fuente: (Alcaldia Manizales, 2017)

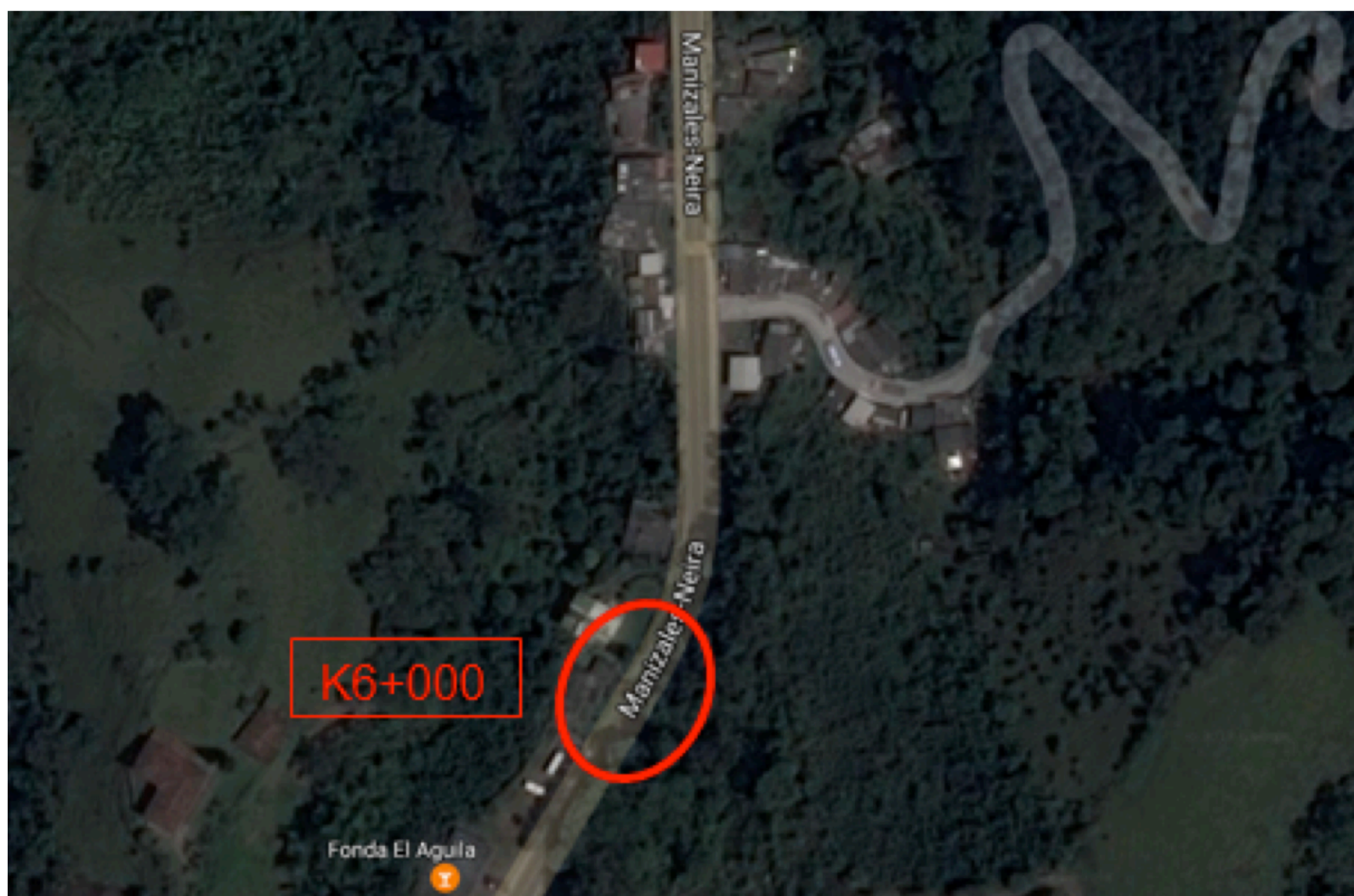
Punto Crítico #5, K6+000

Este sector es conocido como "El Águila", allí se presentaron 4 accidentes entre los años 2014 a 2016, en este punto se encuentran varias viviendas y es un sitio cercano a la confluencia de

una vía rural en el costado derecho (Ver Figura 10).

En esta abscisa el elemento geométrico en planta que presenta es una curva circular de 90 m de radio, el cual une dos rectas de longitud superior a los 100 m las cuales pueden facilitar el aumento de velocidad y el adelantamiento de vehículos en la zona. El peralte corresponde a un porcentaje de 9.71% el cual es suficiente para permitir la circulación segura de vehículos. En perfil este punto corresponde a una curva convexa de 15 m de longitud el cual no cumple con el criterio de operación el cual exige que este valor sea de mínimo 24 m, para impedir el cambio repentino de pendientes.

Figura 10. Vista en planta del punto crítico #5, K6+000



Fuente: (Google , 2016)

4. Conclusiones

Se evidencio que al momento de diseñar un corredor vial, en la realidad Colombiana no es prioridad cumplir con los parámetros estipulados en el Manual de Diseño Geométrico de carreteras, es por esto que se presentan grandes porcentajes de incumplimiento de las características geométricas. Es recomendable atender los puntos en donde los parámetros de diseño geométricos son valores que no cumplen con lo establecido como en curvas donde los radios son inferiores a los 41 metros en la vía Manizales - Neira, debido a que al brindar unos lineamientos seguros es posible minimizar la vulnerabilidad de ciertas zonas y compensar otros factores causantes de accidentes como los vehiculares y los humanos tal como lo expresa el ingeniero Ary Bustamante en sus investigaciones (Bustamante, 2011).

Adicionalmente se observa que de los 5 puntos clasificados como críticos en 3 (K0+000, K2+000 y K6+000) de estos es evidente que la ocurrencia de accidentes son cercanos a puntos de acceso al corredor vial lo que demuestra que es más probable la ocurrencia de estos debido al conflicto entre diferentes vehículos. En las abscisas K1+000 y K6+000 a pesar que se cumplen los parámetros del Manual Colombiano, se le brinda al usuario una libertad de aumentar la velocidad gracias a la longitud de las rectas adyacentes a este punto, generando la

posibilidad de conflictos con otros vehículos, y en se evidencia en los puntos críticos K1+200 y K2+000, que son rectas que se encuentran contiguas a curvas circulares con radios inferiores a los mínimos establecidos por el Manual de Diseño Geométrico, lo cual puede influenciar en los cambios de velocidades de los usuarios y estos en la seguridad en la que circulan los vehículos Finalmente como se expresa en el Plan Nacional de seguridad vial, uno de sus pilares estratégicos es el fomento de políticas municipales y departamentales para implementar medidas para la intervención integral en puntos críticos de accidentalidad mediante la evaluación de las causas que generan los accidentes de tránsito en los puntos críticos y la intervención de la infraestructura vial en estos puntos (Ministerio de Transporte de Colombia, 2015). Es por lo anterior que se recomienda realizar estudios específicos de los 5 puntos críticos encontrados en este documento con el fin de determinar acciones estratégicas para la disminución de la accidentalidad en la vía Manizales – Neira.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al semillero de investigación Movilidad Sostenible de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales y a la empresa QUASAR Ingenieros Consultores.

Referencias bibliográficas

- AASHTO, 2004. *A policy on Geometric Design of Highways and Streets.*. Washington: s.n.
- ALCALDIA DE MANIZALES, 2017. *SIG Alcaldia Manizales.* [En línea]
Disponible en: ww.sig.manizales.gov.co
- ANASTASOPOULOS, P. C., MANNERING, F. L., SHANKAR, V. N. y HADDOCK, J. E., 2012. A study of factors affecting highway accident rates using the random-parameters tobit model. *Accident analysis and prevention*, Volumen 45, pp. 628-633.
- BUSTAMANTE, A., 2011. Parametros de una via segura [Entrevista] (19 Agosto 2011).
- CARACOL RADIO, 2016. Caracol radio Manizales. [En línea]
Disponible en:
http://caracol.com.co/emisora/2016/07/20/manizales/1469043043_417467.html
- CIFUENTES, N., 2014. Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá - Villavicencio a partir de la salida del túnel de Boquerón a puente Quetame. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- DIVYA, G., GOPI, P. y BABU, Y. A., 2016. Highway accident modeling influence of geometrics. *International journal & magazine of engineering, technology, management and research*, 3(10), pp. 1911-1916.
- FLÓREZ, C. F. y otros, 2009. Incidencia de las características geométricas y de tránsito de vías en alta montaña y de bajas especificaciones geométricas sobre la accidentalidad "Caso plan 2500: Departamento del Quindío", Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- GARGOUM, S. A. y EL-BASYOUNY, K., 2016. Exploring the association between speed and safety: A path analysis approach. *Accident Analysis and Prevention*, Volumen 93, pp. 32-40.
- GUERRERO B., T., ESPINEL B., Y. y PALACIO S., D., 2015. Efectos de los atributos asociados a geometría vial, volúmenes vehiculares y velocidades en la incidencia de accidentes en una ciudad intermedia. *Ing. Univ*, 19(2), pp. 351-367.
- HARWOOD, D. W. y HUMMER, J. E., 2000. Operational and safety effects of highway geometrics at the turn of the millenium and beyond. *Transportation Human Factors Journal Impact factor & Information*.
- HOSSEINPOUR, M., YAHAYA, A. S. y SADULLAH, A. F., 2014. Exploring the effects of roadway characteristics on the frequency and severity of head-on crashes: Case studies from Malaysian

Federal Roads. Accident analysis and prevention, Volumen 62, pp. 209-222.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, 2017. <http://www.igac.gov.co/igac>. [En línea]
Available at: <http://www.igac.gov.co/igac>.

INVIAS, 2008. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá: Ministerio de Transporte.

JALAYER, M. y Zhou, H., 2016. Evaluating the safety risk of roadside features for rural two-lane roads using reliability analysis. Accident analysis and prevention, Volumen 93, pp. 101-112.

KARLAFTIS, M. G. y GOLIAS, I., 2002. Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway. Accident analysis and prevention, Volumen 34, pp. 357-365.

LIN, F.-B., 1990. Flattening of horizontal curves on rural two - lane highways. Journal of transportation engineering, 116(2).

LOZANO, S. P., 1987. Estudio de los puntos críticos por accidentalidad en vías troncales de los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila, Bogota: Programa de investigaciones del transporte.

MINTRANSPORTE, 2015. Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2011 - 2021. Segunda ed. Colombia: MINTRANSPORTE.

MINTRANSPORTE, 2015. Manual de Señalización Vial. Dispositivos Uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia. s.l.:Ministerio de Transporte.

QUASAR Ingenieros Consultores, 2010. Estudios y diseños integrales del tramo vial Manizales - Neira (18 Km), Manizales: s.n.

RUSSO, F., BUSIELLO, M. R. y Dell'Acqua, G., 2016. Safety performance functions for crash severity on undivided rural roads. Accident analysis and prevention, Volumen 93, pp. 75-91.

SABEY, B. E. y TAYLOR, H., 1980. The know risk we run: The highway. Transport and Road Research Laboratory.

SECRETARIA DE TRÁNSITO DE MANIZALES, 2016. Base de datos accidentes Manizales. Manizales: s.n.

SHINAR, D., 2007. Traffic safety and human behavior. England: Oxford university.

YANNIS, G., LOUCA, G., VARDAKI, S. y KANELLAIDIS, G., 2013. Why do drivers exceed speed limits. Eur. Transp, Volumen 5, pp. 165-177.

1. Estudiante de la Maestría en Infraestructuras y Sistemas de Transporte. Especialista en Vías y Transportes. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: mcgomezz@unal.edu.co

2. Ingeniero Civil. PhD. Director Maestría en Infraestructuras y Sistemas de Transporte. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: daescobarga@unal.edu.co

3. Ingeniero Civil. PhD en Gestión del territorio e Infraestructuras del Transporte. Profesor Titular del Programa de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle, Bogotá D.C. Email: caurazan@unisalle.edu.co

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 46) Año 2017
Indexada en Scopus, Google Scholar

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados