

Título:

PROYECTO DE GRADO COMO ASPIRANTE AL TÍTULO DE  
CONSTRUCTOR EN ARQUITECTURA E INGENIERÍA

Carlos A. Hernández Chaparro

Universidad Santo Tomas CAU Cali

2022

Nota:

Curso: Proyecto de Grado,

Tutor Nacional: Ing. Willan German Mellado Aranzales

Construcción en Arquitectura e Ingeniería. Facultad de Ciencias y Tecnología,

Decanatura de División de Educación Abierta y a Distancia

Universidad Santo Tomas CAU Cali

Contacto: carlos.hernandezc@ustadistancia.edu.co

TEMA PROYECTO DE GRADO:



TECNOLOGÍAS PASIVAS PARA  
DISMINUCIÓN DE ACCIDENTALIDAD  
POR PERDIDA DE CARRIL EN LA DOBLE  
CALZADA BUGA-LA VICTORIA (V.25)

TABLA DE CONTENIDO

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | LISTA DE ILUSTRACIONES                                 | 4  |
| 2.  | LISTA DE TABLAS  | 5  |
| 3.  | GLOSARIO, SIMBOLOS Y ABREVIATURAS                      | 6  |
| 4.  | INTRODUCCIÓN   | 10 |
| 5.  | OBJETIVO GENERAL                                       | 12 |
| 6.  | OBJETIVOS ESPECIFICOS                                  | 12 |
| 7.  | ESTADO DEL ARTE O ESTADO DEL CONOCIMIENTO              | 12 |
| 8.  | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 26 |
| 9.  | JUSTIFICACIÓN  | 30 |
| 10. | HIPÓTESIS  | 44 |
| 11. | ALCANCE  | 45 |
| 12. | CONTENIDO  | 46 |
| 13. | ANALISIS DE LA INFORMACIÓN                             | 53 |
| 14. | RESULTADOS ESPERADOS                                   | 72 |
| 15. | CONCLUSIONES   | 78 |
| 16. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                             | 81 |

## 1. LISTA DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 1. SHOULDER RUBLE STRIPS SRS (CLEVELAND.COM, 2020)   | 7  |
| ILUSTRACIÓN 2. HOMBRO DE CARRETERA. FUENTE: (GORDON KELLER, 2008)  | 8  |
| ILUSTRACIÓN 3 CENTERLINE RUMBLE STRIPES. FUENTE: (CAHOON)  | 13 |
| ILUSTRACIÓN 4 CONCEPTO GENERAL DE TIPOS DE SRS. FUENTE: PROPIA.  | 14 |
| ILUSTRACIÓN 5. TIPOLOGÍA DE BANDAS ALERTADORAS. FUENTE: PROPIA.  | 15 |
| ILUSTRACIÓN 6. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES POR FRESADO. FUENTE:<br>(MLIVE.COM, 2020)   | 15 |
| ILUSTRACIÓN 7. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES POR FRESADO. FUENTE:<br>(BRIDOG, 2020)  | 16 |
| ILUSTRACIÓN 8. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES CON PLÁSTICO. FUENTE:<br>(AMES, 2019)   | 16 |
| ILUSTRACIÓN 9. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES CON PLÁSTICO. FUENTE:<br>(PEXCO, 2020)  | 17 |
| ILUSTRACIÓN 10. SRS TERMOPLÁSTICO. FUENTE: (MOBILITEITS PLATFORM, 2020)  | 17 |
| ILUSTRACIÓN 11. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES (BAL) CON PLÁSTICO.<br>FUENTE: (BITULEIT, 2020)  | 18 |
| ILUSTRACIÓN 12. DIMENSIONES BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES BAL. FUENTE<br>(MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015)  | 20 |
| ILUSTRACIÓN 13. TIPOLOGÍAS DE SEÑALIZACIÓN DE LINEAS EN PAVIMENTO (UNIVERSIDAD DE<br>PARDUE, 2019)   | 21 |
| ILUSTRACIÓN 13. BANDAS ALERTADORAS TRANSVERSALES. FUENTE ( (STEP, 2022)  | 21 |
| ILUSTRACIÓN 14. CARRIL CON BERMA CORTA Y BANDA ALERTADORA LONGITUDINAL. FUENTE<br>(ADVENTURE CYCLING ORG, 2022)  | 22 |
| ILUSTRACIÓN 15. PARTE DEL DOCUMENTO; GÚA DE INSTALACIÓN CORRECTA DE BANDA<br>ALERTADORA LONGITUDINAL. FUENTE ( (STATE HIGHWAY ADMINISTRATION, 2014)  | 23 |
| ILUSTRACIÓN 16. SIMULACIÓN DE CICLISTA CIRCULANDO SOBRE BAL (FRANCESCA LA TORREA,<br>OCTOBER 2012)   | 24 |
| ILUSTRACIÓN 17. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE BAL<br>( <a href="https://ruraldesignguide.com/visually-separated/paved-shoulder">HTTPS://RURALDESIGNGUIDE.COM/VISUALLY-SEPARATED/PAVED-SHOULDER</a> , 2022) | 24 |

|  |    |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 18. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE BAL<br>( <a href="https://ruraldesignguide.com/visually-separated/paved-shoulder">HTTPS://RURALDESIGNGUIDE.COM/VISUALLY-SEPARATED/PAVED-SHOULDER</a> , 2022) | 25 |
| ILUSTRACIÓN 19. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE BAL<br>( <a href="https://ruraldesignguide.com/visually-separated/paved-shoulder">HTTPS://RURALDESIGNGUIDE.COM/VISUALLY-SEPARATED/PAVED-SHOULDER</a> , 2022) | 25 |
| ILUSTRACIÓN 28. SALIDA SUR TULUÁ. FUENTE: GOOGLE EARTH   | 34 |
| ILUSTRACIÓN 29. SALIDA SUR TULUÁ. FUENTE: GOOGLE EARTH   | 34 |
| ILUSTRACIÓN 31. VARIANTE TULUÁ. FUENTE: GOOGLE MAPS  | 35 |
| ILUSTRACIÓN 38. VARIANTE LA PAILA. FUENTE: GOOGLE MAPS   | 37 |
| ILUSTRACIÓN 39. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS  | 38 |
| ILUSTRACIÓN 42. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS  | 39 |
| ILUSTRACIÓN 48. DISTANCIAS RECTAS 2.8 KM. FUENTE: GOOGLE MAPS  | 41 |
| ILUSTRACIÓN 49. DISTANCIAS RECTAS 2.2 KM. FUENTE: GOOGLE MAPS  | 41 |

## 2. LISTA DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| TABLA 1. DIEZ DEPARTAMENTOS CON MAYOR TASA DE MUERTES Y LESIONADOS EN<br>ACCIDENTES DE TRÁNSITO CADA 100 MIL HABITANTES | 30  |
| TABLA 2. IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE ACCIDENTES EN VALLE DEL CAUCA<br>(AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL, 2019)        | 31  |
| TABLA 3. PROPUESTA DE MATRIZ EVUALUATIVA  | 676 |
| TABLA 4. PROGRAMACIÓN DESARROLLO DE ACTIVIDADES   | 67  |
| TABLA 5. CUADRO DE PROYECCIÓN COSTOS MENSUALES  | 68  |

### 3. GLOSARIO, SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

3.1 *ACCIDENTE*: Suceso que aparece de manera inesperada, que por su naturaleza y poco tiempo de reacción no se puede controlar y que generalmente tiene algún tipo de consecuencia en bienes materiales y/o físicos a personas, y se pueden catalogar entre leves, graves y fatales.

3.2 *ACTOR VIAL*: Agente que por su dinámica de desplazamiento y uso de la vía o carretera se encuentra alternando diferentes espacios ya sea desde un vehículo o de forma pedestre, longitudinalmente o en cruces con otras vías y con otros actores, que dependiendo de su densidad, generan tipos diferentes de comportamientos debido al tráfico.

3.2 *MICRO SUEÑO*: Evento de sueño inconsciente que le ocurre en un corto lapso de tiempo (segundos) a conductores de vehículos u operadores de maquinaria, que se asocia a factores como el cansancio por acumulación de horas de trabajo y el consumo de algunas medicinas que provocan somnolencia.

3.2 *SEGURIDAD VIAL*: Concepto que inicia de las políticas aplicadas por parte de una entidad, ya sea pública y/o privada para la prevención de accidentes en las diferentes vías que usa o administra con el propósito de proteger la vida de los actores viales.

3.3 *SEÑALIZACIÓN*: Tipo de información generalmente visual que se transmite a través una convención dictada por los entes de control de tránsito de los diferentes países que busca guiar y/o alertar a los usuarios de alguna particularidad en un espacio determinado de la vía o carretera. En Colombia para el tránsito se utilizan 4 tipos de señales siendo todas visuales pero en otros países incluyen otras como las sonoras.

3.4 *VIA PRIMARIA*: Tipo de vía que se clasifican según su funcionalidad y según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) las vías primarias son:

*“Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.*

*Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.*

*Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas.” (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS, 2020; INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS, 2020)*

**3.5 TECNOLOGÍA PASIVA:** Tipo de tecnología que no requiere ningún tipo de activación o control a distancia y que se encuentra cumpliendo con su función, generalmente por su forma y color de manera estática. Ejemplo, la señalética es un tipo de tecnología pasiva que anuncia algún comunicado de interés a los usuarios.

**3.6 SHOULDER RUMBLE STRIPS SRS:** Bandas Rumbantes en Hombros de la vía.



*ILUSTRACIÓN 1. SHOULDER RUMBLE STRIPS SRS (CLEVELAND.COM, 2020)*

3.7 **HOMBRO DE VÍA:** Arcén o berma llamada en Colombia

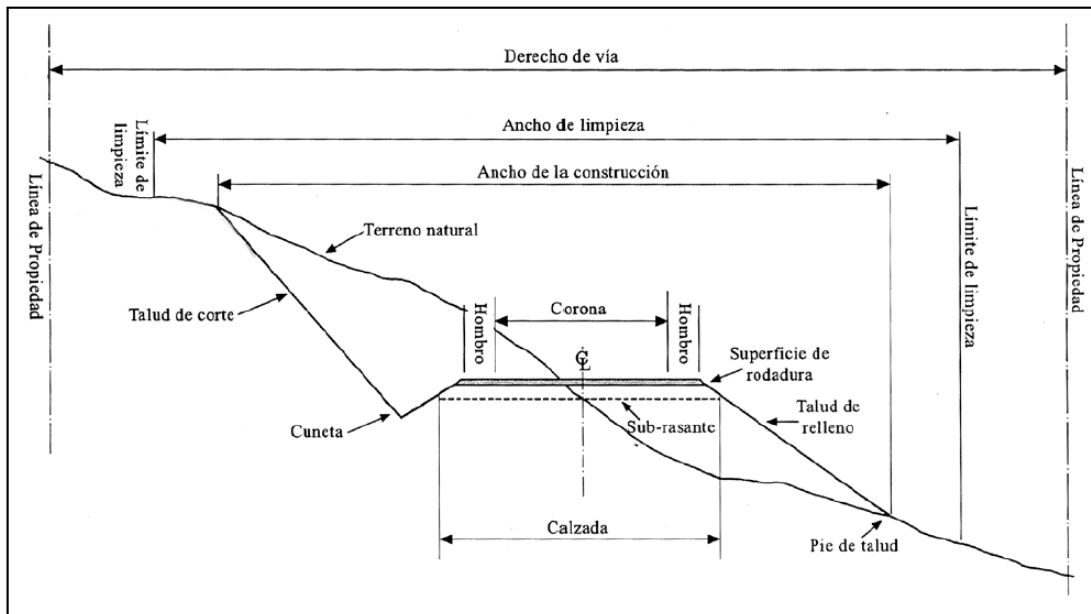


ILUSTRACIÓN 2. HOMBRO DE CARRETERA. FUENTE: (GORDON KELLER, 2008)

3.8 **LONGITUDINAL:** Se utiliza esta descripción cuando su principal característica es su larga extensión. Se relaciona con la distancia que es recorrido que comparativamente es más prolongada. Como ejemplo podemos decir entonces que las líneas de señalización vial van en el sentido *longitudinal* de la vía.

3.9 **TRANSVERSAL:** Este término se usa para, al contrario de longitudinal, cuando su característica principal hace referencia a algo atravesado a lo largo de forma perpendicular, o sea a  $90^\circ$  referente a lo longitudinal. Ejemplo los reductores de velocidad se deben ubicar de forma *transversal* a la vía para que puedan cumplir correctamente con su función.

#### 4. RESUMEN

Este documento como principal objetivo pretende disminuir la *accidentalidad vial*, junto con la cantidad de pérdidas, tanto económicas como humanas por causa de la *perdida de carril* de conductores debido a *desviación involuntaria* por diferentes causas como el *microsueño* u otras causas como el *uso de dispositivos electrónicos* en *autopistas* con *rectas* de más de 1.5 km en la doble calzada Buga-Tulua-La Paila-La Victoria.

Para esto se pretende la promoción del uso de *tecnologías pasivas*, como las *bandas alertadoras longitudinales* como solución a la problemática planteada. Para esto se revisa legislación en el país, diferentes tipologías para determinar su idoneidad, calificando su visibilidad, sonoridad, vibración, durabilidad y costo inicial. En esta búsqueda también se tienen en cuenta las condiciones de la vía y el uso de los diferentes actores viales para que esta solución llegue a aportar ideas que se puedan llegar a poner en funcionamiento esta solución que se encuentra autorizado en nuestro manual de señalización vial vigente, pero que no se utiliza al no tener mercado actualmente.

#### 5. PALABRAS CLAVES

*Accidentalidad vial, perdida de carril, desviación involuntaria, microsueño, uso de dispositivos electrónicos, autopistas, rectas, bandas alertadoras longitudinales.*

## 6. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, dada la ubicación de residencia y trabajo en el centro del Valle del Cauca, estando en circulación continua de sus vías intermunicipales, particularmente entre municipios de Andalucía y Tuluá y trabajando en el sector vial en la construcción de carreteras, he tenido tiempo para percibir con detalle aspectos del funcionamiento de la doble calzada; Buga / La Paila / La Victoria.

Por medio de esta observación se ha logrado identificar cómo diferentes tipos usuarios (actores viales) se comportan en la vía a diario, además de aspectos como el estado de la vía, la señalización y demás resultados que se desprende del uso de esta importante vía, encuentro cierto tipo interrogantes por la cantidad de accidentes graves que se presentan en la vía con cierta regularidad siendo que se ha diseñado con doble calzada en un solo sentido, buscando dar fluidez y seguridad a la vía.

Esta percepción me llevó a investigar semestres atrás en las materias de Investigación y Trabajo Comunitario sobre el tema general de esta propuesta de trabajo de grado; la seguridad vial en este tipo de carreteras (primarias) con énfasis en los tipos de accidentes causados por la pérdida involuntaria del carril debido a factores como el cansancio y desconcentración al realizar actividades diferentes a conducir.

Para iniciar se ha teniendo en consideración el aumento diario del uso de vías primarias como la doble calzada Buga-La Paila para extender el área de cobertura laboral de los residentes de los diferentes municipios circundantes del llamado centro del Valle de Cauca, y teniendo en cuenta su cercanía, los cortos tiempo de desplazamiento y la ubicación de empresas de alto renombre como Rio Paila- Castilla, Colombina, Nestlé y Purina, entre otros, cronológicamente se puede percibir el aumento de desplazamientos sobre todo en horas de la mañana de los trabajadores en vehículos particulares.

Adicionalmente a esto, ésta autopista es un corredor vial de vital importancia para el desarrollo económico del país, ya que por él circula la mayoría de la carga que proviene de importaciones y exportaciones que se realizan por el puerto de Buenaventura, por lo

que se puede evidenciar estadísticamente que la probabilidad de accidentes cada vez es mayor dado el aumento en cantidad de agentes en la vía desde su construcción en doble calzada, siendo notorio el aumento de accidentes en los que se ven relacionados a factores como el micro-sueño por cansancio.

Dentro de la problemática, un tema que llama la atención es el rápido aumento de accidentes en un lapso relativamente corto de tiempo, mostrando así que este crecimiento no solo corresponde al crecimiento demográfico de la región, que no únicamente la cantidad de actores viales puede ser tomada como la única problemática ya que estos dos no guardan proporcionalidad.

Otro factor poco atendido por la complejidad de medición corresponde contradictoriamente a las buenas condiciones, al diseño geométrico de la vía que permite alcanzar altas velocidades y otros aspectos más cualitativos como la cotidianidad de su uso, la generación de confianza en los conductores, dando como resultado que los accidentes porcentualmente cada vez dejen menos heridos y aumenten los mortales.

Continuando con el planteamiento de la problemática, se identifica la falta de precaución por parte de los diferentes actores viales al conducir en condiciones de agotamiento y cansancio en largas jornadas de trabajo debido a las necesidades económicas, los conductores no se detienen a descansar, siendo este uno de los principales causantes de accidentes. Como se evidencia en las estadísticas de accidentalidad, se torna una preocupación por parte de las entidades este incremento, y de ahí la inquietud de la propuesta de investigación, si desde la ingeniería y la construcción ¿se pueden aportar soluciones que puedan disminuir dichos índices?

## 7. OBJETIVO GENERAL

Buscar reducir los índices de accidentes causados por la pérdida del carril de manera involuntaria de vehículos automotores que transitan la vía nacional entre Buga y La Victoria (Vía Nacional 25-05/06), por medio de la implementación de tecnologías pasivas que ayuden a mantener la alerta de los conductores en la ruta en caso iniciar pérdida de carril.

## 8. OBJETIVOS ESPECIFICOS

6.1. Investigar que tecnologías aplican y dan cumplimiento al objetivo general a nivel nacional e internacional.

6.2. Evaluar y calificar como este tipo de tecnologías pueden lograr el objetivo principal del proyecto con las variables propuestas.

6.3. Buscar cuantificar el porcentaje de reducción de accidentes basados en planteamientos teóricos de estudios ya realizados en otros países con respecto a la generación de accidentes por pérdida de carril involuntaria.

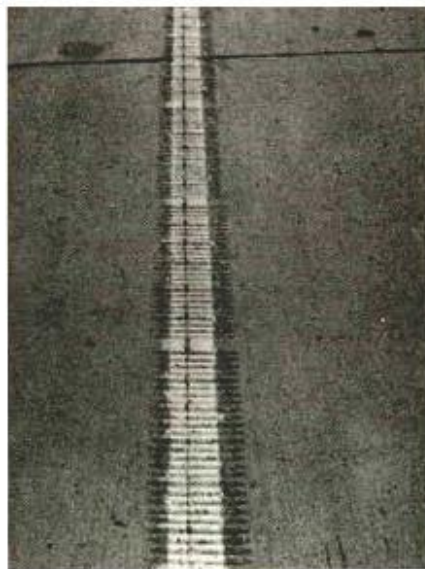
6.4. Buscar la implementación de las soluciones que acá se concluyan, de manera que aporten a la disminución de accidentes en éste importante eje vial.

## 9. ESTADO DEL ARTE O ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Para iniciar el estado del arte en el tema de la seguridad vial y señalización de tipo horizontal que se ha diseñado para atacar las desviaciones sutiles del carril, ya sea por descuido al dejar de prestar atención al conducir o en los casos en los que el cansancio

hace que la persona entre en estados de alteración de la percepción visual y espacial por sueño, causado por varios factores como consumo de bebidas alcohólicas, fármacos y monotonía en la conducción causado por vías largas (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2019), entre otros, se hará una revisión histórica de este tipo de soluciones, su reglamentación y algunas de sus causas o condiciones en las que es factible que ocurran accidentes por salir de la vía.

A nivel internacional este tipo de problemáticas se ha venido trabajando desde tiempo atrás, debido a que los desarrollos viales en países desarrollados han tenido unas condiciones particulares que les han permitido ser amplias, con más de 2 y tres carriles en un solo sentido, y con diseños geométricos para velocidades más altas que las carreteras en Colombia, debido a que las condiciones geopolíticas y económicas han hecho que el país tenga un gran atraso en desarrollo vial con respecto a varios países del mundo.



Type B rumble stripe 8½ in. wide and 15 ft long.

*ILUSTRACIÓN 3 CENTERLINE RUMBLE STRIPES. FUENTE: (CAHOON)*

En Estados Unidos a mediados de siglo (CERI Civil Engineering Research Institute For Cold Region, 2020) comenzaron con el concepto de “hombros sonoros”, haciendo referencia unos elementos en concreto en el arcén de la vía que generaban cierto ruido y vibración en el habitáculo del vehículo para generar alerta que estaba cercano al

costado de la vía. Ya en los 90's se realizó un desarrollo de fresado donde ya no había un pequeño resalto, sino un bajo relieve causado por una pequeña fresadora que deja una marca en el asfalto.

Estos dos tipos de desarrollos han hecho que esta solución en seguridad vial tenga dos tipologías generales, las que van hacia la parte superior de la superficie de rodadura de la vía (Convexa) y las que están en la parte inferior de la superficie de la carretera (Cóncava):

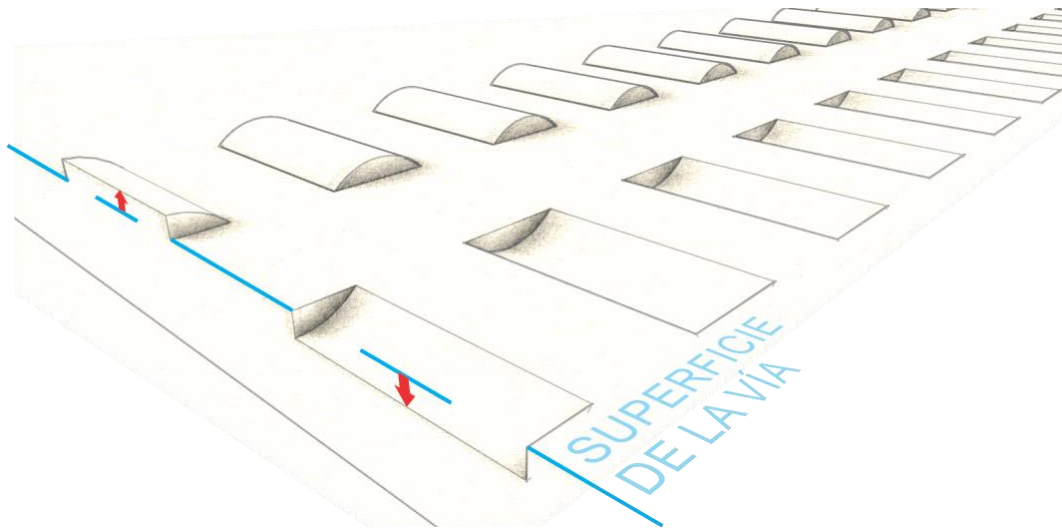


ILUSTRACIÓN 4 CONCEPTO GENERAL DE TIPOS DE SRS. FUENTE: PROPIA.

Conceptualmente hablando, por medio de la investigación realizada hasta el momento, se han encontrado cuatro grandes grupos de tipologías que se dividen en las ya mencionadas anteriormente. Adicional a estas, por la temporalidad, adiciono las técnicas mas nuevas que tienen que ver con materiales superpuestos a la superficie de rodadura, como se muestra a continuación:



ILUSTRACIÓN 5. TIPOLOGÍA DE BANDAS ALERTADORAS. FUENTE: PROPIA.

Como ejemplos de cada tipología se muestra a continuación:



ILUSTRACIÓN 6. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES POR FRESADO. FUENTE: (MLIVE.COM, 2020)



ILUSTRACIÓN 7. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES POR FRESADO. FUENTE: (BRIDOG, 2020)



ILUSTRACIÓN 8. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES CON PLÁSTICO. FUENTE: (AMES, 2019)



ILUSTRACIÓN 9. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES CON PLÁSTICO. FUENTE: (PEXCO, 2020)



ILUSTRACIÓN 10. SRS TERMOPLÁSTICO. FUENTE: (MOBILITEITS PLATFORM, 2020)



ILUSTRACIÓN 11. BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES (BAL) CON PLÁSTICO. FUENTE: (BITULEIT, 2020)

En el ámbito nacional, debido a que en Colombia, relativamente apenas hace unos años por medio del modelo de concesión de vías, se han venido construyendo algunas autopistas de doble carril, donde la velocidad de diseño esta entre los 80 y 110 km/h, además con dobles carriles, configurándose en algunos sectores como una autopista o vía rápida. (UNIVERSIDAD DISTRITAL, 2002), por lo que algún tipo de señalización no está actualizada y parece ser que no hay proveedores nacionales especializados en la labor de implementación de bandas alertadoras longitudinales,

En la actualidad en Colombia frente al uso de señales auditivas y de vibración existe normatividad relacionada con *bandas alertadoras longitudinales* contenida en el Manual de Señalización Vial del 2015 (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015) mediante dos grupos, las resaltadas o las de bajo relieve. Estas bandas son los elementos que sirven para alertar a los conductores que están saliendo de un carril y la

recomendación de uso de este tipo se cumple en el tipo de vía en la que se pretende implementar como lo reseña el Manual en su numeral 5.9.2:

#### 5.9.2. Bandas alertadoras longitudinales:

*“Se recomienda su implementación en bordes de calzada de autopistas y carreteras rurales, excepto en los tramos donde existan sardineles. También es recomendable aplicarlas en las líneas de eje central continuas que separen flujos opuestos. Las bandas alertadoras longitudinales se pueden colocar en la berma lateral o adyacente a ésta, para alertar a los conductores que han entrado en la berma.”* (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015)

Como se muestra en la ilustración 10, éstas son las tipologías aprobadas hasta el momento por el Ministerio de Transporte: (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015)

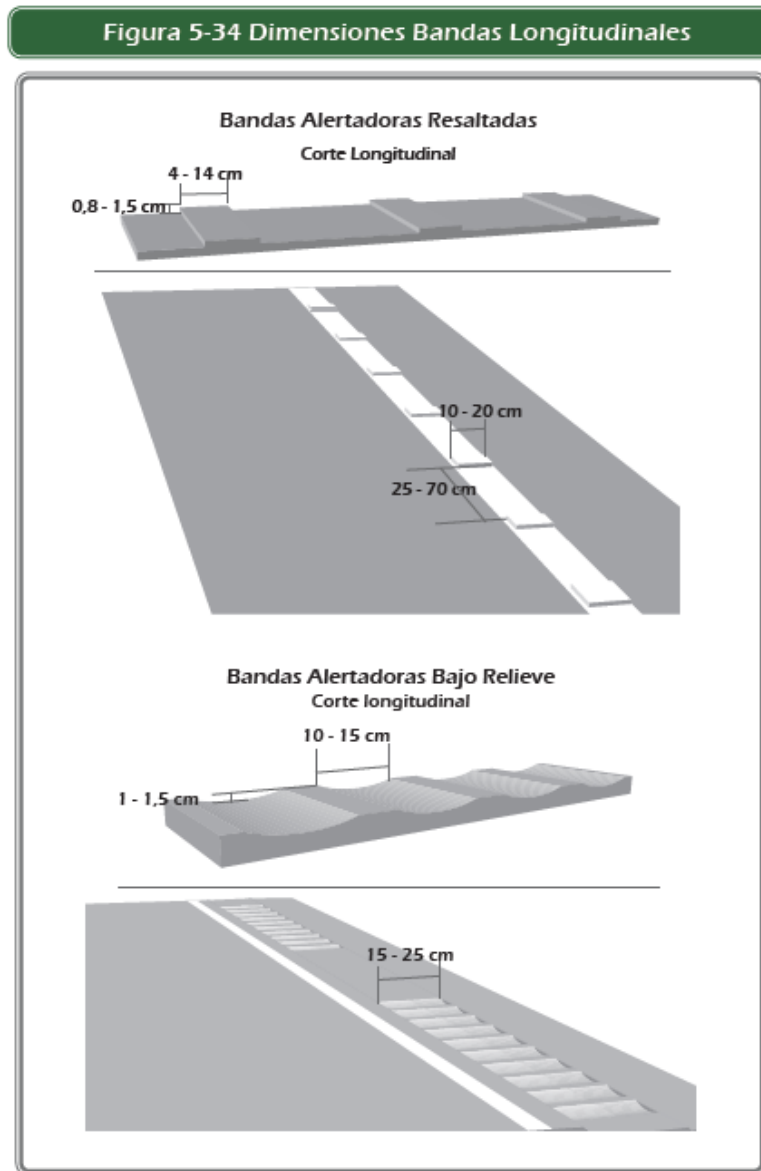
Como también hace mención en su capítulo 5:

### CAPÍTULO 5, OTROS DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO

*“5.2. CLASIFICACIÓN: Bandas alertadoras. Son dispositivos usados para generar una vibración y ruido que sirve para alertar a los conductores que pasen por ellos sobre la necesidad de prestar atención a ciertos elementos de señalización o de retomar el carril o calzada por donde circulan.”* (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015)

Este tipo de señales se encuentran reseñadas de demarcación horizontal, y se diferencian de las completamente planas por tener una elevación volumétrica, que aunque es pequeña, genera un tipo de alerta por su sonido y vibración al pasar por ellas, como lo reseña el Manual:

*“En el caso de las demarcaciones elevadas, se produce además un efecto vibratorio y sonoro cuando son pisadas por un vehículo, alertando al conductor que está atravesando una línea demarcada, lo que contribuye a una mayor seguridad.”* (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015)



*ILUSTRACIÓN 12. DIMENSIONES BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES BAL. FUENTE (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015)*

Acá otras tipologías que son mencionadas en un artículo (Universidad de Pardue, 2019) en el que se hacen estudios para que los vehículos se les facilite continuar sobre el carril sin desviación en la conducción bajo condiciones difíciles sobre autopistas en los Estados Unidos.

**MARCAS ÚNICAS EN EL PAVIMENTO:**

- (a) Multicomponente. Fuente imagen: Zehr, S
- (b) Pintura. Fuente imagen: Hardin, B
- (c) Cinta Preformada. Fuente imagen: Lowther, H.
- (d) Termoplástico. Fuente imagen: Plattner, D
- (e) Franjas Sonoras Secas. Fuente imagen: Pozos, T.
- (f) Franjas Sonoras Húmedas. Fuente imagen: Habib, A.



ILUSTRACIÓN 133. TIPOLOGÍAS DE SEÑALIZACIÓN DE LINEAS EN PAVIMENTO (UNIVERSIDAD DE PARDUE, 2019)

En la actualidad en los Estados Unidos, existe una discusión acerca del uso de este tipo de ayudas para los conductores de vehículos automotores, ya que por diferentes situaciones el uso de esta solución ocasiona inconvenientes, tanto a otros usuarios de la vía como los ciclistas (Adventure Cycling Org, 2022), como a residentes cercanos de las zonas donde instalan sobre todos las bandas alertadoras transversales.



ILUSTRACIÓN 143. BANDAS ALERTADORAS TRANSVERSALES. FUENTE ( (STEP, 2022)

Para el primer caso, las Bandas Alertadoras Transversales (BAT), estas por su funcionalidad generan ruido por la vibración al paso de los vehículos que la transitan y ya en varias instalaciones que se ubican en cercanías, sobre todo a poblados en los Estados Unidos, debido a las quejas por el ruido constante, las BAT han sido desinstaladas y reemplazadas por otro tipo de elementos de señalización visual dinámica, como letreros luminosos.

En sí, teniendo en cuenta que la estadística desde la instalación de los BAL ha demostrado la disminución de los accidentes por pérdida de carril en los Estados Unidos comparando los índices de accidentes antes y después de su instalación, la discusión ahora se centra en cual debe ser la correcta ubicación de este tipo de dispositivos, ya que su incorrecta instalación puede llegar a generar el efecto contrario y en vez de evitar accidentes, los podría llegar a causar.



**CICLISTA EVITANDO BANDAS ALERTADORAS**  
<https://www.adventurecycling.org/advocacy/safety-advocacy/rumble->  
*ILUSTRACIÓN 154. CARRIL CON BERMA CORTA Y BANDA ALERTADORA LONGITUDINAL. FUENTE (ADVENTURE CYCLING ORG, 2022)*

Es por esto que se han generado varios documentos que buscan normalizar o regular los lugares donde se deben instalar las BAL. (State Highway Administration, 2014), los diseños, dimensiones y demás aspectos técnicos para la correcta disposición de los dispositivos. (Federal Highway Administration, 2022)

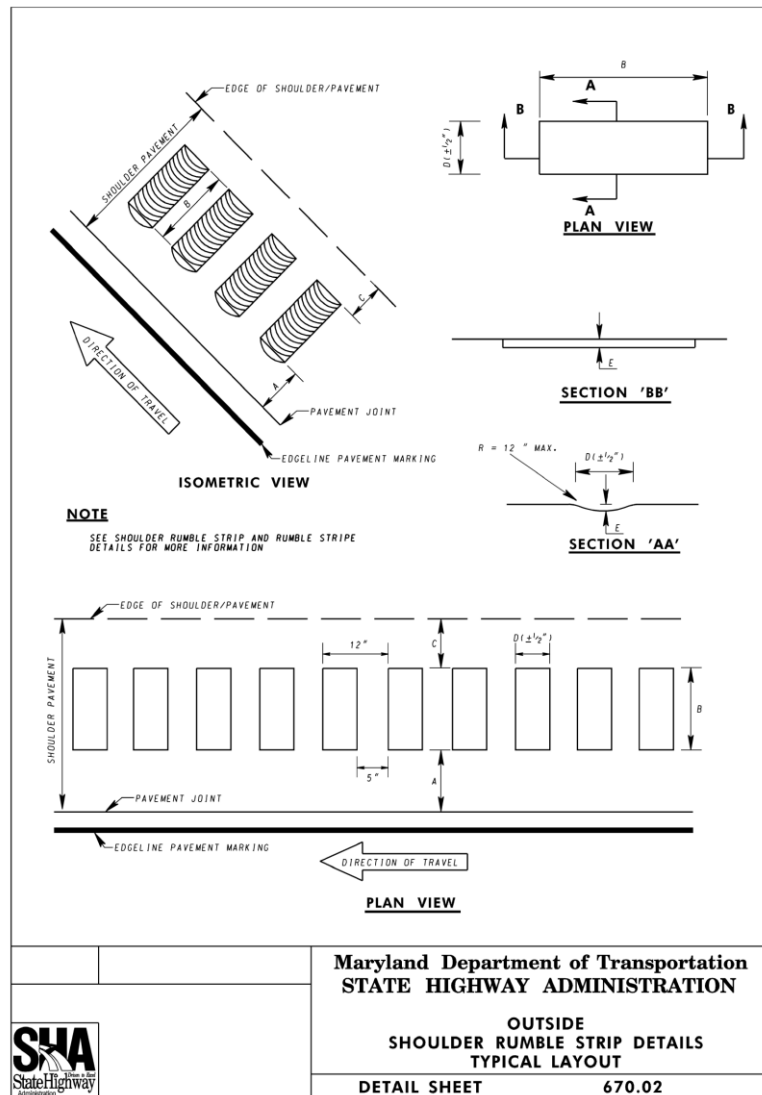
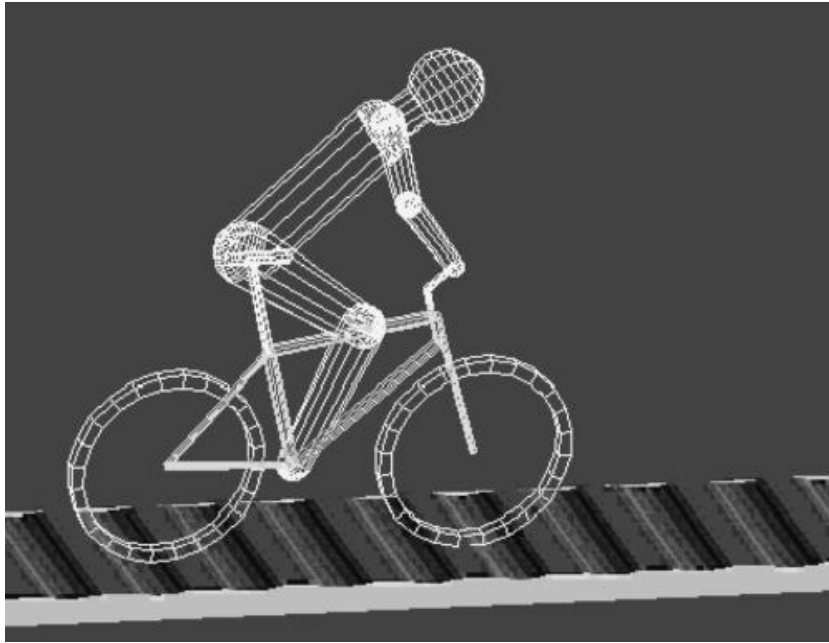


ILUSTRACIÓN 165. PARTE DEL DOCUMENTO; GÚA DE INSTALACIÓN CORRECTA DE BANDA ALERTADORA LONGITUDINAL. FUENTE ( (STATE HIGHWAY ADMINISTRATION, 2014)

Otra discusión relevante con respecto al uso de la BAL es la incidencias o situaciones que generan estas bandas en otro tipo de usuarios como los motociclistas y ciclistas, debido a que el tema de la vibración puede hacer perder el equilibrio y hasta un accidente por caída. De todos modos sino genera ninguna de las anteriores, este tipo de elementos logran malestar entre los usuarios de bicicletas y motos sobre todo de bajo cilindraje, ya que estas generalmente circulan por el costado de la vía, lugares donde se instalan las BAL. Es por eso que se han hecho estudios y propuestas de

fabricación e instalación de estos elementos denominados amigables con los otros actores viales.



*ILUSTRACIÓN 176. SIMULACIÓN DE CICLISTA CIRCULANDO SOBRE BAL (FRANCESCA LA TORREA, OCTOBER 2012)*



*ILUSTRACIÓN 187. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE BAL (HTTPS://RURALDESIGNGUIDE.COM/VISUALLY-SEPARATED/PAVED-SHOULDER, 2022)*

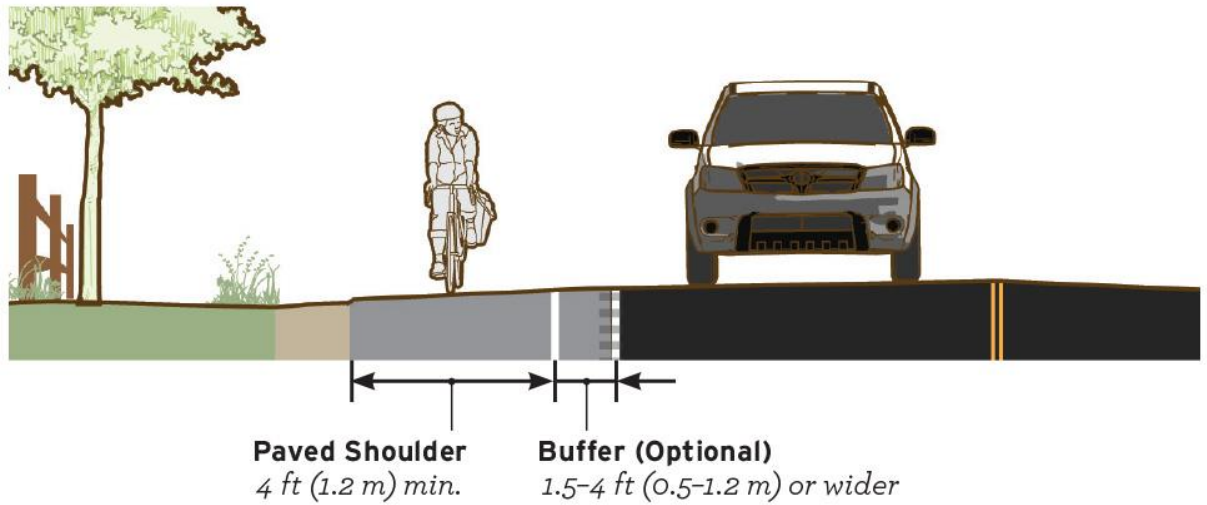


ILUSTRACIÓN 198. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE BAL  
([HTTPS://RURALDESIGNGUIDE.COM/VISUALLY-SEPARATED/PAVED-SHOULDER](https://ruraldesignguide.com/visually-separated/paved-shoulder), 2022)



ILUSTRACIÓN 209. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE BAL  
([HTTPS://RURALDESIGNGUIDE.COM/VISUALLY-SEPARATED/PAVED-SHOULDER](https://ruraldesignguide.com/visually-separated/paved-shoulder), 2022)

Por otro lado pero buscando también seguridad vial por medio del uso de bandas longitudinales, se han desarrollado bandas que buscan ya no, alertar al conductor que está saliendo del carril, sino dentro del mismo carril, lograr disminuir la velocidad para que se escuche alguna canción por medio de la vibración que generan las bandas al paso de las llantas del vehículo. Este sistema busca que los vehículos al paso por estos sectores adopte la velocidad adecuada para que la canción suene lo más parecida a la velocidad original. Este tipo de herramientas de seguridad vial se han instalado en países como Corea del Sur, Japón, Hungría y Estados Unidos.



## 10. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La circulación reiterada sobre el corredor vial (vía 25) entre los municipios de Buga y La Paila ha hecho que sea espectador de varios accidentes asociados a situaciones de pérdida de carril (Accidentes de vehículos solos donde no se ven otros actores viales inmiscuidos) y a su vez generado curiosidad de porque en otros países se utilizan un tipo de señales sonoras que sirven para alertar a los conductores cuando están pasando

una línea o en cercanía al límite externo de la carretera por la cual circula y en Colombia no se usen este tipo de ayudas al conductor.



*ILUSTRACIÓN 20. ACCIDENTE EN DOBLE CALZADA TRAMO TULUÁ - ANDALUCIA 2018. FUENTE: PROPIA.*

Parte del problema radica en las condiciones particulares que se gestan en este eje vial. Su localización por ejemplo lo sitúan en un lugar estratégico para que los conductores de tracto camiones que vienen de Buenaventura quieran llegar a hacer mantenimiento a sus vehículos, compra de suministros como combustible, además de lugares apropiados para comer y dormir.

Otra condición particular es la doble calzada con amplios radios de giro o diseños geométricos que se establecen para autopistas de alta velocidad en el país además de sus largas rectas.



ILUSTRACIÓN 21. MAPA VIAL VALLE DEL CAUCA. FUENTE: (INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS, 2020)

La pregunta que se formula ante la situación que se plantea, porque si la normatividad existe, ésta no se ha implementado este tipo de señales en la vía, si en otros países se utilizan con resultados satisfactorios en la reducción de accidentes (Texas Transportation Institute, 2003), porque estas si están incluidas en el manual de señalización vial no se están utilizando?

Entonces concretamente, el tema de proyecto de grado se centra en buscar una solución factible, efectiva y económica para reducir el alto índice de accidentalidad a

condiciones asociadas a *perdida de carril* en la doble calzada Buga-Tuluá-La Paila donde se mezclan factores como carreteras con rectas largas, diseños de velocidad altos y condiciones de cansancio en los conductores. Para esto se pretende proponer una tipología o técnica, novedosa o existente en otro país diferente a la banda alertadora longitudinal propuesta en el Manual de Señalización Vial (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015) que demuestre su efectividad y que comparativamente a nivel de presupuesto muestre competitividad en el mercado actual con los productos y servicios existentes.



ILUSTRACIÓN 22. FIGURA: RECTA SALIDA SUR TULUA. FUENTE: GOOGLE EARTH

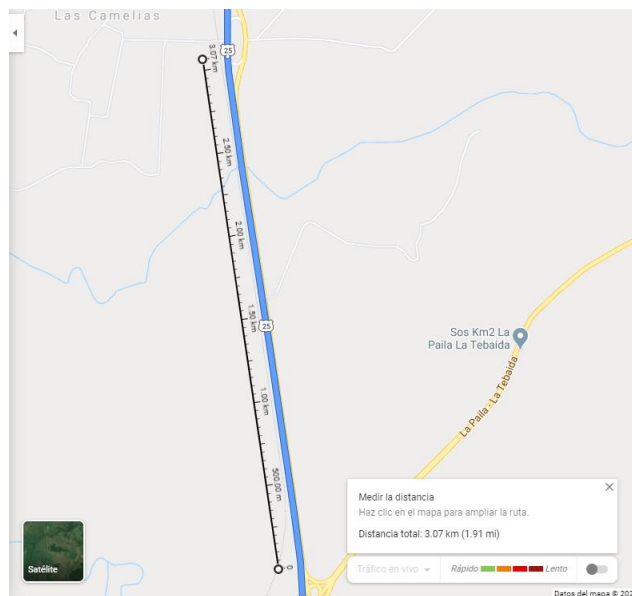


ILUSTRACIÓN 23. DISTANCIAS RECTAS 3.07 KM. FUENTE: GOOGLE MAP

## 11. JUSTIFICACIÓN

Con la llegada del sistema de vial de carreteras nacionales concesionadas, el Valle del Cauca desde hace más de una década, ha venido liderando a nivel nacional la red de vías intermunicipales, contando en la actualidad con una de las más modernas carreteras de doble calzada del país. Debido a estas buenas condiciones de las vías, las largas rectas y la actualización constante del parque automotor del departamento, pese a la buena infraestructura vial, el Valle del Cauca cuenta con uno de los índices más altos en accidentalidad en sus vías.

Algunos de los indicadores: (Medicina Legal, 2019)

| Posición               | Departamento   | Muertes      |                | Heridos       |                |
|------------------------|--|--------------|----------------|---------------|----------------|
|                        |  | Casos        | Tasa x 100.000 | Casos         | Tasa x 100.000 |
| 1                      | Casanare   | 120          | 33,66          | 656           | 184,02         |
| 2                      | Arauca   | 75           | 28,59          | 200           | 76,24          |
| 3                      | Meta   | 273          | 28,40          | 1.198         | 124,62         |
| 4                      | Cesar  | 274          | 26,63          | 917           | 89,13          |
| 5                      | Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina | 17           | 22,24          | 119           | 155,67         |
| 6                      | Valle del Cauca  | 954          | 20,68          | 5.093         | 110,39         |
| 7                      | Cundinamarca   | 552          | 20,60          | 2.935         | 109,51         |
| 8                      | Putumayo   | 67           | 19,41          | 166           | 48,09          |
| 9                      | Huila  | 217          | 18,79          | 1.232         | 106,69         |
| 10                     | Quindío  | 97           | 17,16          | 1.206         | 213,33         |
| Total 10 departamentos |  | 2.646        | 21,97          | 13.722        | 113,93         |
| <b>Total nacional</b>  |  | <b>6.884</b> | <b>14,28</b>   | <b>45.806</b> | <b>95,03</b>   |

Fuente: Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses / Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia / Sistema de Información Red de Desaparecidos y Cadáveres / Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense / Sistema de Información Nacional de Estadísticas Indirectas. Tasas calculadas con base en las proyecciones de población DANE 2005-2020

TABLA 1. DIEZ DEPARTAMENTOS CON MAYOR TASA DE MUERTES Y LESIONADOS EN ACCIDENTES DE TRÁNSITO CADA 100 MIL HABITANTES

Por otro lado, en el plan de seguridad vial del Valle del Cauca menciona: (Gobernación del valle del Cauca, 2019)

*“...el número de muertes es el mayor de la última década y es superior al presentado hace 15 años (6.551 en el año 2000). Es así, que para el 2015 las*

*muertes de accidentes de transporte se incrementaron en 7,53% con respecto al 2014, a su vez 20,69% con respecto al 2010 y 27,06% con respecto al 2005.”*

Dentro de los datos que se han investigado se muestra a continuación una tabla que presenta las hipótesis reportadas por INMLCF con respecto a la causa de los siniestros para las víctimas fallecidas y lesionadas durante el año 2017 y 2018 (ene-oct) suministrada por (AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL, 2019)

| <b>Causa</b>                            | <b>2017</b>  | <b>2018</b>  |
|---|--------------|--------------|
| Otras                                   | 21.195       | 16.602       |
| Desobedecer señales de tránsito         | 8.998        | 6.782        |
| Exceso de velocidad                     | 7.513        | 5.866        |
| Embriaguez (Alcohólica y no alcohólica) | 1.003        | 757          |
| Pasar en semáforo en rojo               | 352          | 304          |
| Falta de mantenimiento mecánico         | 410          | 249          |
| Posibles fallas mecánicas               | 339          | 194          |
| Malas condiciones en la vía             | 208          | 116          |
| Malas condiciones climáticas            | 62           | 44           |
| NA                                      | 8            | 22           |
| <b>Total Resultado</b>                  | <b>40088</b> | <b>30936</b> |

*TABLA 2. IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE ACCIDENTES EN VALLE DEL CAUCA (AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL, 2019)*

Teniendo así presunción que varios de estos accidentes en el renglón de SIN INFORMACIÓN, puedan llegar a ser causados por descuidos al conducir o debido a comportamientos inadecuados al conducir.

Según la Agencia Nacional de Seguridad Vial, en su boletín estadístico del Vale del Cauca entre enero del 2018 y diciembre del 2019, en su resumen nacional, destaca por su elevada cifra de fallecidos comparativamente con el porcentaje más alto de los departamentos en este índice: 13.6%, duplicando casi las estadísticas de Bogotá que tienen un 7.8% en el mismo periodo.

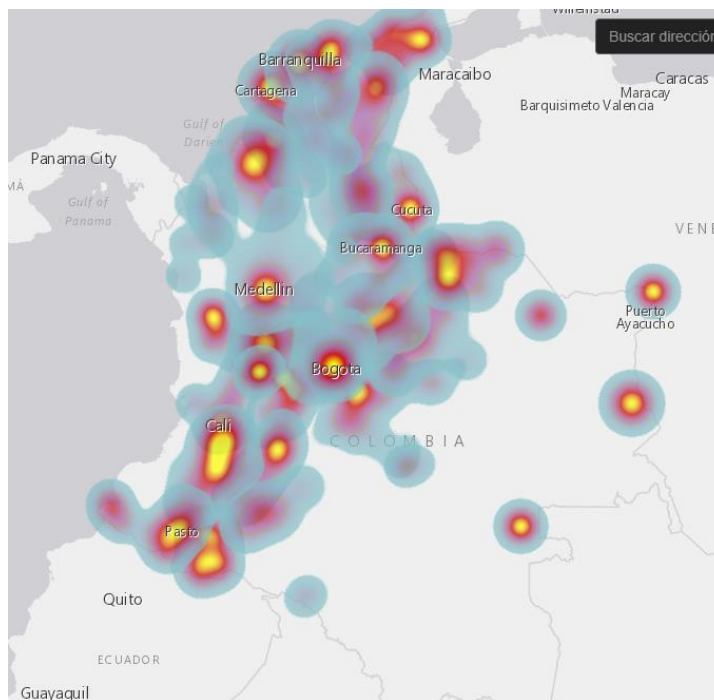


ILUSTRACIÓN 24. MAPA DE CALOR DE ACCIDENTALIDAD A NIVEL NACIONAL. FUENTE: (AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL, 2019)

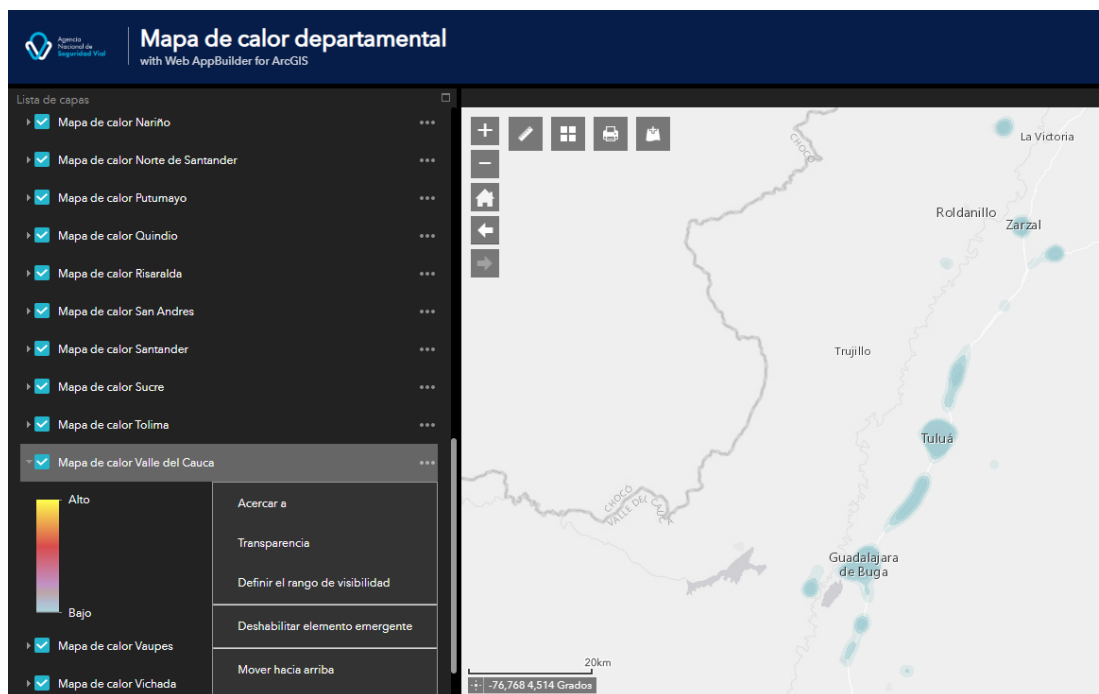


ILUSTRACIÓN 25. MAPA DE CALOR DE ACCIDENTALIDAD EN EL VALLE DEL CAUCA. FUENTE: ANSV

Como se ve en las imágenes anteriores, la accidentalidad en esta vía se condensa en varios tramos longilíneos de la doble calzada Buga, La Paila y a continuación se muestran algunas imágenes de las rectas.

También dentro de la investigación se ha tenido en cuenta los conceptos técnicos de diseño geométrico de vías de INVIAS, que indica que las entretangencias (rectas) en una vía no deberían superar 15 veces la velocidad de diseño de la vía, siendo 100 km/h la velocidad máxima mostrada en el cuadro (INSTITUTO NACIONAL DE VIAS), recomendando así una entretangencia máxima de 1.5 km y bajos los argumentos de (OSPINA, 2002) en su manual ajustado:

*“Longitud Máxima. En el diseño horizontal de una carretera se deben evitar alineamientos rectos demasiado largos, ya que durante el día su monotonía puede causar fatiga o somnolencia en los conductores, especialmente en zonas de altas temperaturas, y en la noche aumentan el peligro de deslumbramiento, por las luces de los vehículos que avanzan en sentido contrario.”*

Teniendo ya este precedente, a continuación se muestran algunas imágenes de la vía y las distancias de sus entretangencias:

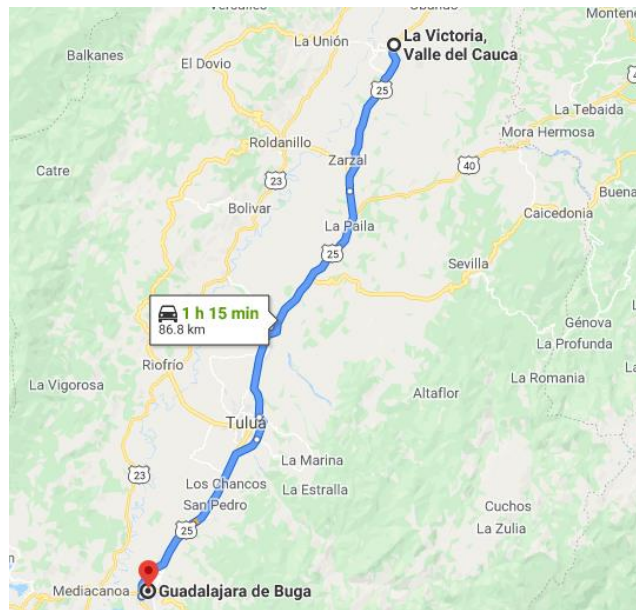


ILUSTRACIÓN 26. UBICACIÓN Y TRAZADO DE LA VÍA. FUENTE: (GOOGLE MAPS, 2020)



ILUSTRACIÓN 27. SALIDA SUR TULUÁ. FUENTE: GOOGLE EARTH



ILUSTRACIÓN 218. SALIDA SUR TULUÁ. FUENTE: GOOGLE EARTH



ILUSTRACIÓN 229. SALIDA SUR TULUÁ. FUENTE: GOOGLE EARTH

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES



ILUSTRACIÓN 30. SALIDA SUR TULUÁ. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 231. VARIANTE TULUÁ. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 32. VARIANTE TULUÁ. FUENTE: GOOGLE MAP

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES



ILUSTRACIÓN 33. VARIANTE ANDALUCÍA. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 34. VARIANTE ANDALUCÍA. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 35. VARIANTE ANDALUCÍA. FUENTE: GOOGLE MAPS

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES



ILUSTRACIÓN 36. VARIANTE ANDALUCÍA. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 37. VARIANTE LA PAILA. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 248. VARIANTE LA PAILA. FUENTE: GOOGLE MAPS



*ILUSTRACIÓN 259. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS*



*ILUSTRACIÓN 40. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS*



*ILUSTRACIÓN 41. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS*

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES



ILUSTRACIÓN 262. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 43. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 44. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES



ILUSTRACIÓN 45. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 46. RECTA A LA VICTORIA. FUENTE: GOOGLE MAPS



ILUSTRACIÓN 47. RECTA A ZARZAL. FUENTE: GOOGLE MAPS

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES

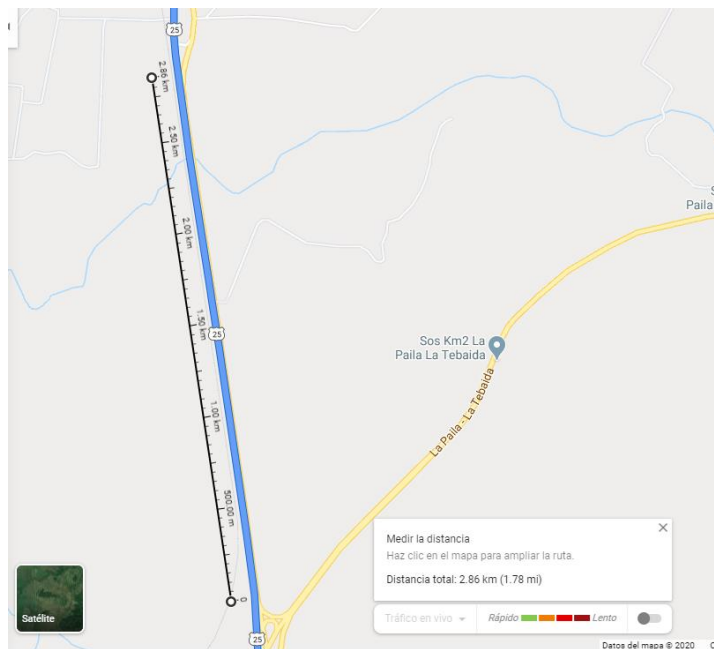


ILUSTRACIÓN 278. DISTANCIAS RECTAS 2.8 KM. FUENTE: GOOGLE MAPS

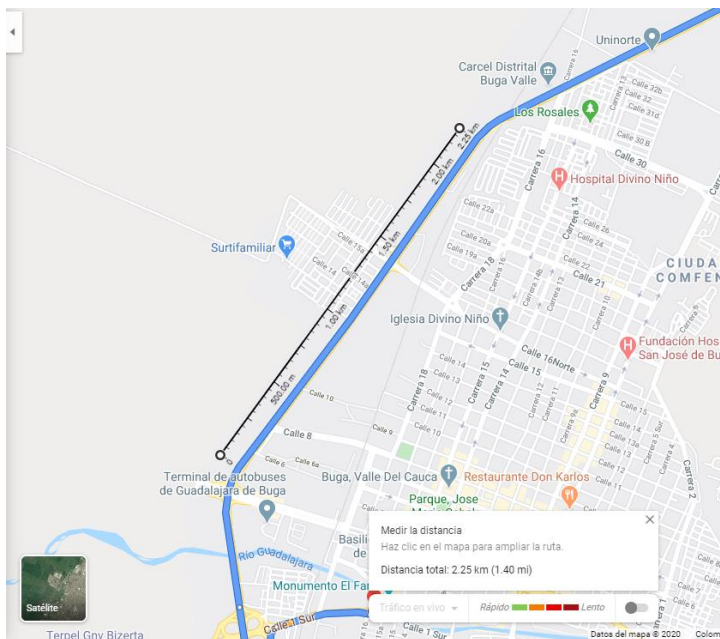


ILUSTRACIÓN 289. DISTANCIAS RECTAS 2.2 KM. FUENTE: GOOGLE MAPS

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES

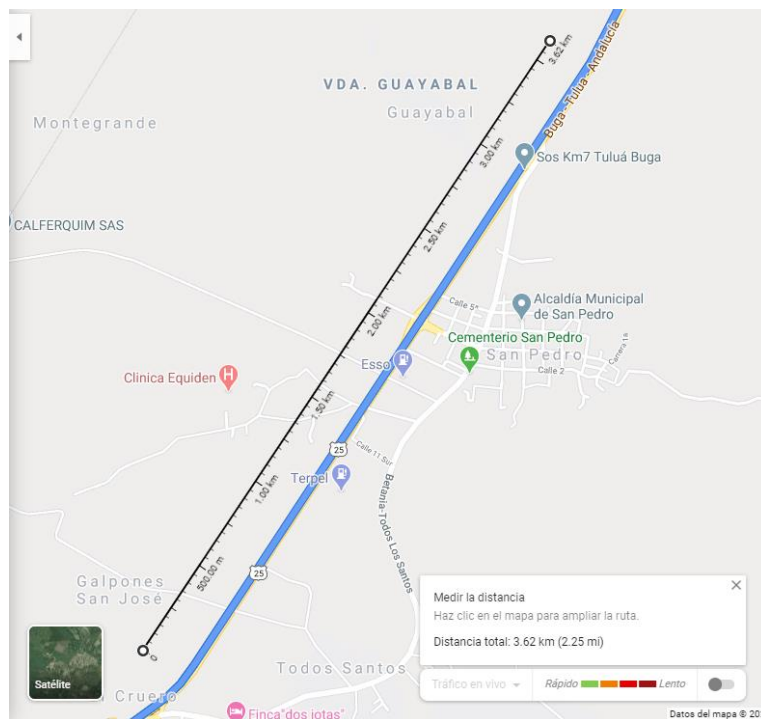


ILUSTRACIÓN 50. DISTANCIAS RECTAS 3.62 KM. FUENTE: GOOGLE MAPS

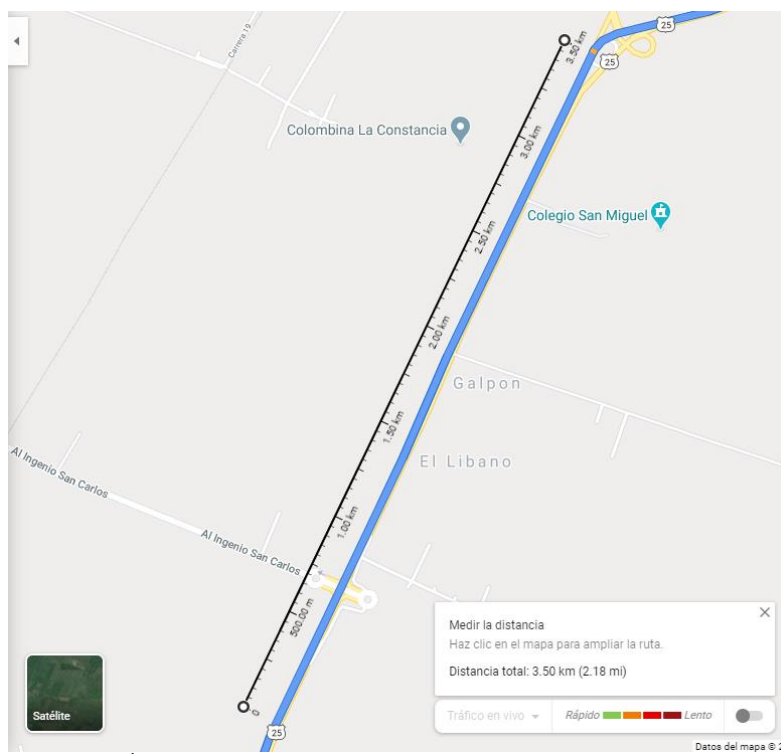


ILUSTRACIÓN 51. DISTANCIAS RECTAS. 3.50 KM. FUENTE: GOOGLE MAPS

# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES

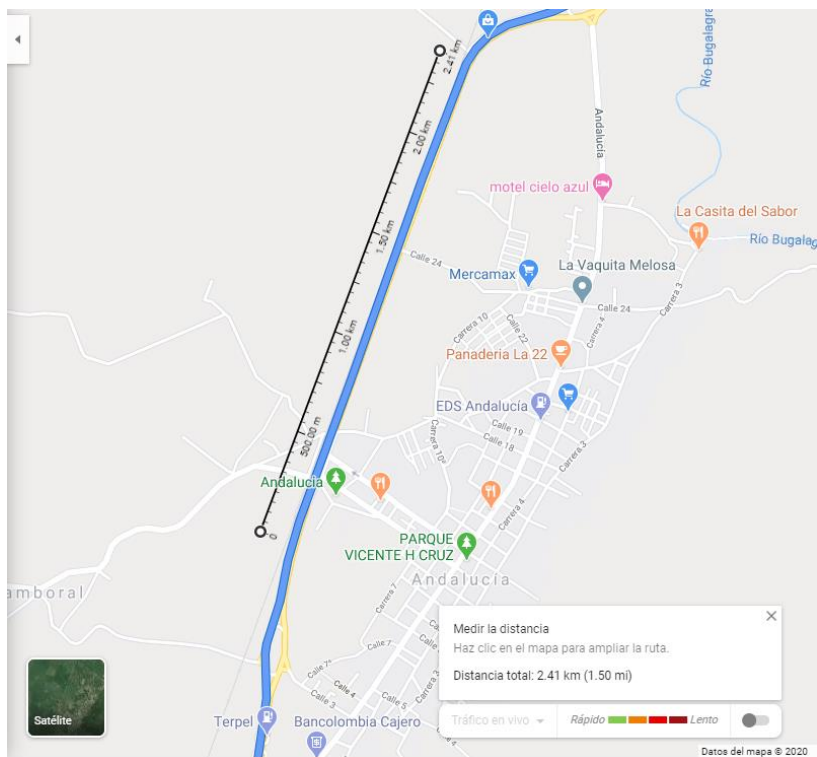


ILUSTRACIÓN 52. DISTANCIAS RECTAS. 2.41 KM FUENTE: GOOGLE MAPS

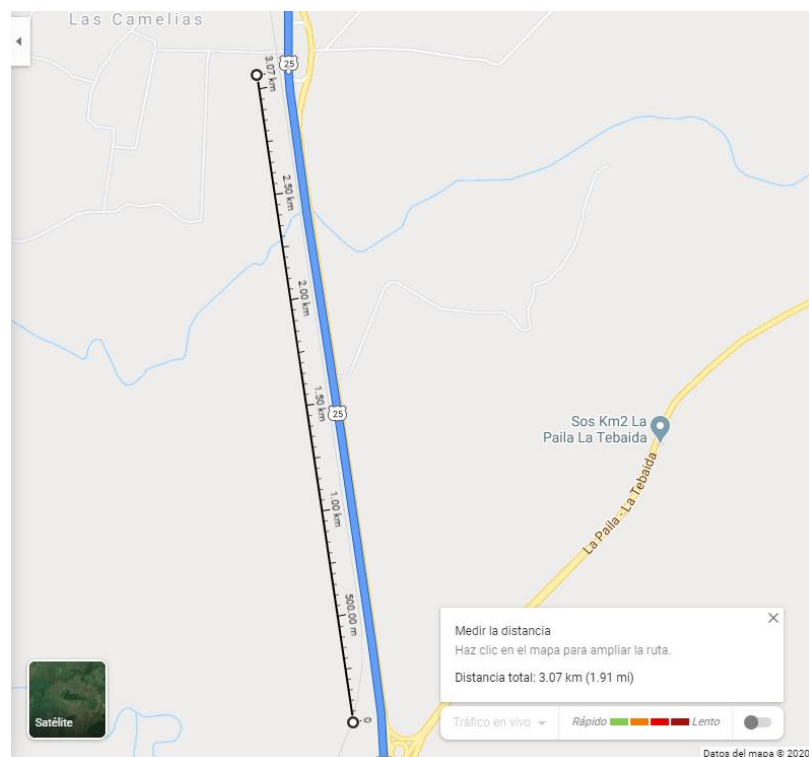


ILUSTRACIÓN 53. DISTANCIAS RECTAS 3.07 KM. FUENTE: GOOGLE MAPS

## 12. HIPÓTESIS

El desarrollo económico del País desde sus inicios ha presentado un paradigma y un reto para su viabilidad, debido a su topografía y modelo centralizado en la capital, que además se encuentra cercano al centro geográfico, desde hace más de una década ha venido interviniendo en el desarrollando infraestructura vial, ya que no poseemos ni fluvial ni férrea para el movimiento de carga y además teniendo en cuenta que dicha red vial se encontraba completamente obsoleta para los estándares internacionales y que además se requieren para un desarrollo sostenible.

De esta manera a través de la implementación de proyectos viales llamados de tercera y cuarta generación (3G y 4G) por medio del pódolo de APP (asociaciones Público Privadas), en el país se han venido construyendo vías por medio del modelo de concesión para la explotación de sus peajes por una cantidad de tiempo determinada y es ahí donde se ubica la vía en la que vamos a trabajar. Doble calzada Buga- La Paila, vía 25.

Este tipo de contratos hacen que este tipo de vías tengan unas condiciones óptimas de operatividad para sus usuarios, dentro de las que se pueden hacer notar; servicio de grúa gratuito, asistencia mecánica, ambulancia entre otros y en general el perfecto estado de la vía, son su señalización y continuo mantenimiento. Ante este escenario se puede decir que todo es perfecto, pero al parecer, y debido al incremento de accidentes que así lo corrobora, los accidentes ocurridos en esta importante vía tienen tres factores predominantes: 1. Exceso de velocidad 2. Deslizamiento por piso húmedo 3. Perdida de carril, siendo este el más complejo de cuantificar, porque cuando los accidentes llegan a ser mortales no hay como confirmar, y otro es que pocas veces los conductores reconocen que tienen cansancio.

Es por esto, y debido a la notoria falta de uso de tecnologías pasivas que ya se utilizan en otros países para evitar que los conductores por causas de perdida de carril por diversas causas involuntarias, causando de esta manera accidentes, que han quitado

varias vidas y daños en la infraestructura vial. Es por esto que este proyecto de grado pretende entender porque no se aplican éstas tecnologías si algunas tipologías están aprobadas en el Manual de Señalización (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015) porque no se usan, y además se intentará plantear una tecnología o tipología viable económicamente que permita la implementación de este tipo de ayudas para los conductores para que pueda ser puesta en uso inicialmente en esta concesión y posteriormente en vías nacionales.

### 13. ALCANCE

Como normativa, este anteproyecto se rige bajo el marco jurídico que tenemos los profesionales de la carrera en la Ley 1229 del 2008, donde se especifica el campo de acción del Constructor en Arquitectura e Ingeniería en el Artículo 4, Parágrafo 1:

*“c) Producir materiales para la construcción e investigar sobre nuevos sistemas constructivos, innovar tanto las técnicas como los procesos constructivos e implementar en el proceso constructivo normas y procesos ambientales;”* (Colombia, 2008)

Es de aclarar que para tal fin, el presente anteproyecto no busca llegar a realizar cálculos estructurales propios de la Ingeniería Civil, de los cuales dependan vidas de personas usuarias de los resultados del estudio que de acá se derive.

Adicional a esto, el proyecto se ampara ante la posibilidad de presentar y validar esta propuesta ante el Ministerio de Transporte por medio Numeral 1.6 Proceso de Modificación y Permisos de Experimentación contenido en el Manual de Señalización Vial 2015 (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015) en su 1.5.Ámbito de Aplicación.

#### 1.6 Proceso de Modificación y Permisos de Experimentación:

*“Para estos efectos, la Dirección de Transporte y Tránsito del Ministerio de Transporte o quien haga sus veces, podrá autorizar, a costa del interesado, mediante acto administrativo justificado técnicamente, el uso experimental de nuevos elementos de señalización vial que no generen condiciones que puedan*

*afectar la seguridad de los usuarios de las vías. La evaluación del comportamiento de estos elementos en la mejora de la seguridad de las vías servirá de base para su incorporación futura al Manual de Señalización Vial.”*

Con respecto a la empresa dueña del contrato de concesión, para la construcción, administración u mantenimiento de la vía, ya se han realizado varios encuentros personal a cargo de este tramo vial (PISA S.A., 2020) y están interesados en el desarrollo y resultados que deriven de la presente investigación, por lo que información como estadísticas actuales e históricas de accidentalidad estuvieron a mano para la investigación.



*ILUSTRACIÓN 54. CONSECIONARIO TRAMO BUGA/LA PAILA/LA VICTORIA (PISA S.A., 2020)*

#### 14. CONTENIDO

Para el desarrollo de este estudio a través de la investigación de campo realizada y la toma de documentos, se realizaron mapas donde se segmenta la ruta en 4 partes, siendo dividido normalmente por la Concesionaria en tres tramos (Buga-Tuluá / Tuluá-La Paila / La Paila La Victoria)

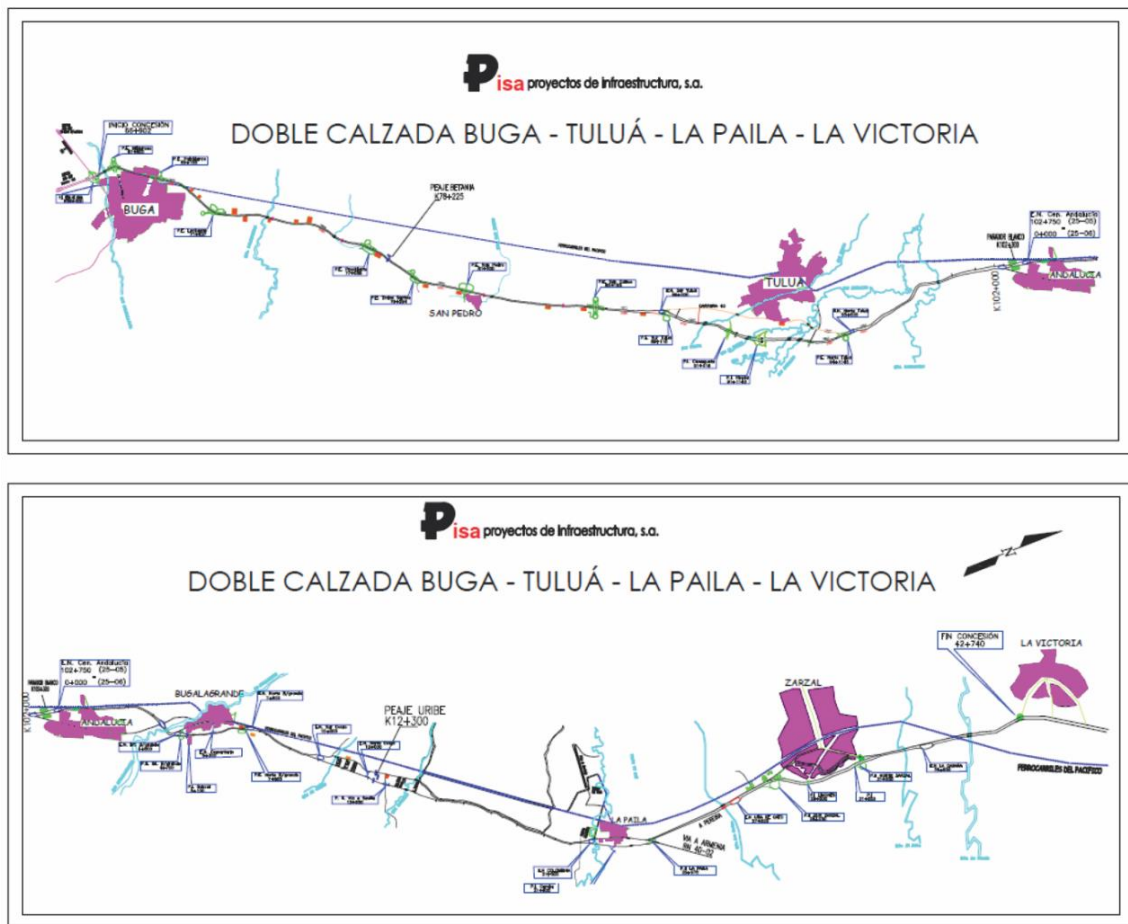
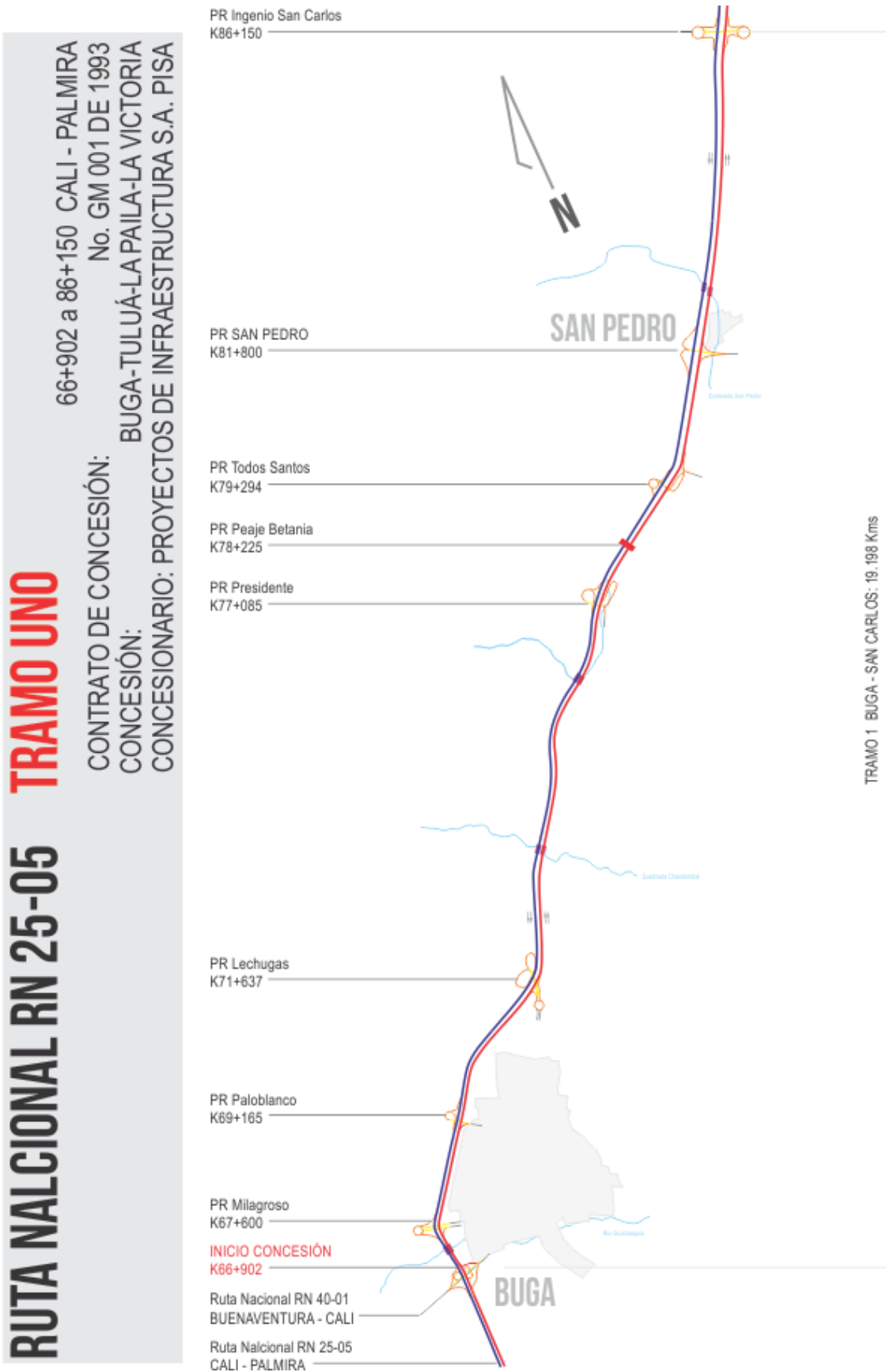
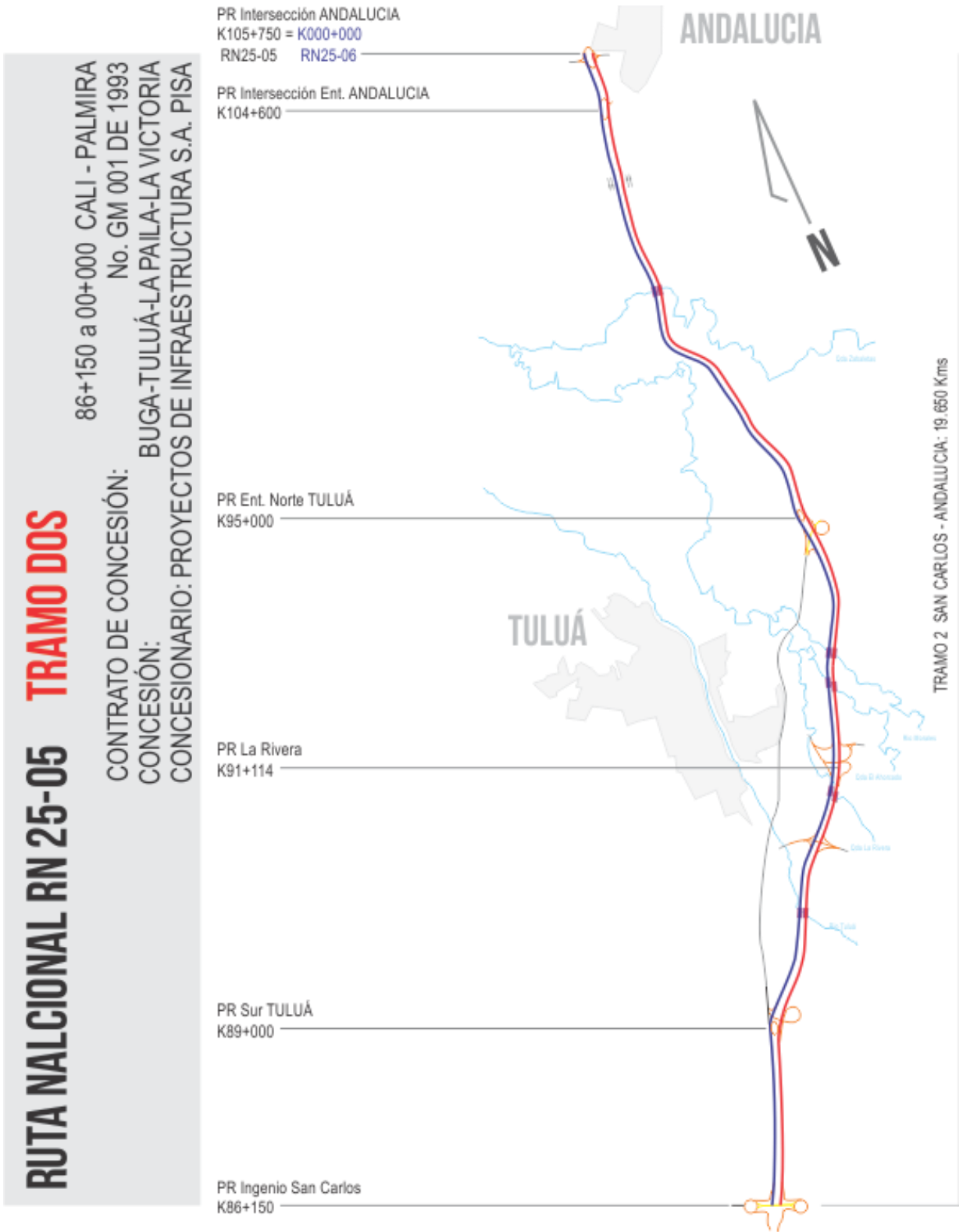
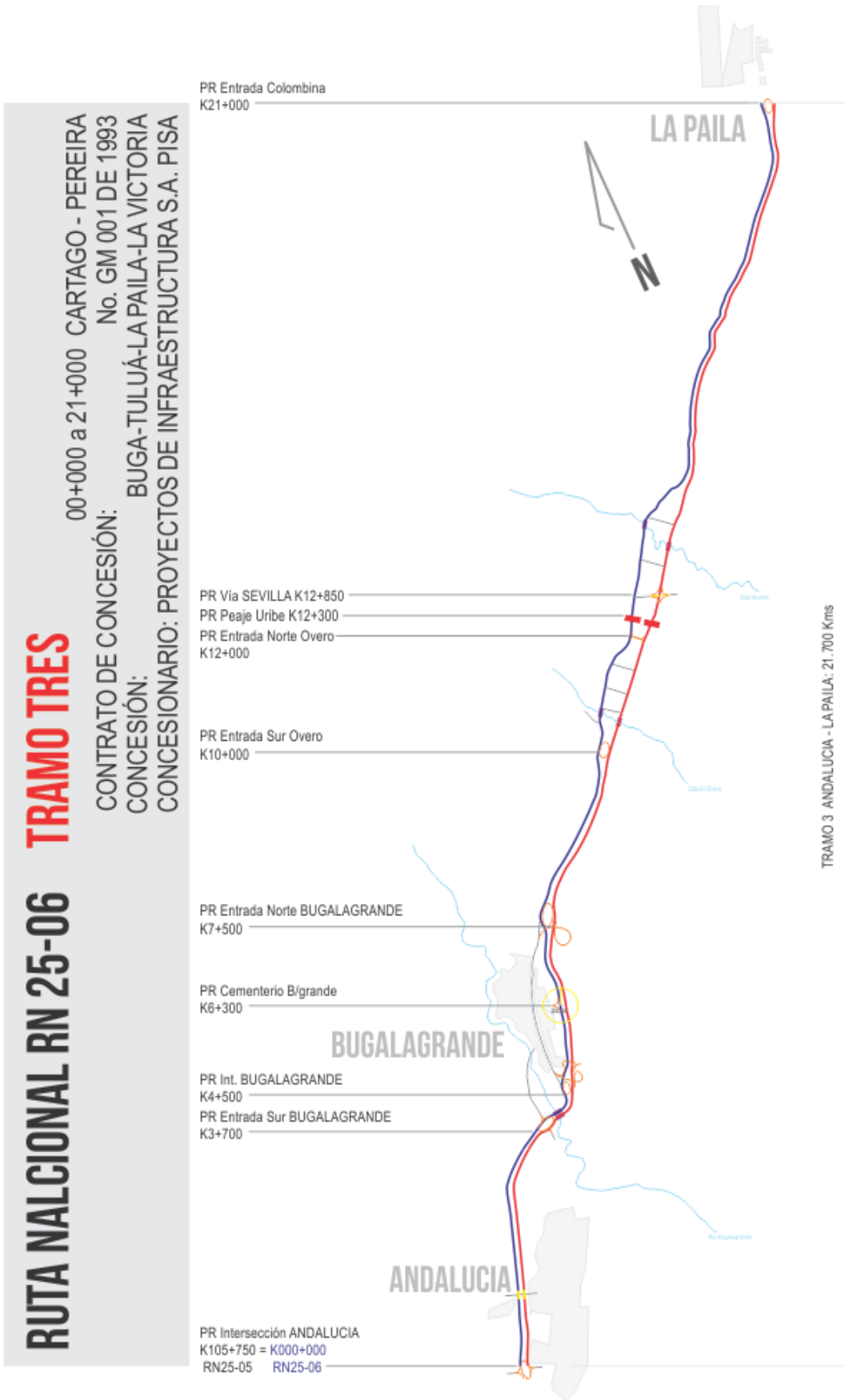


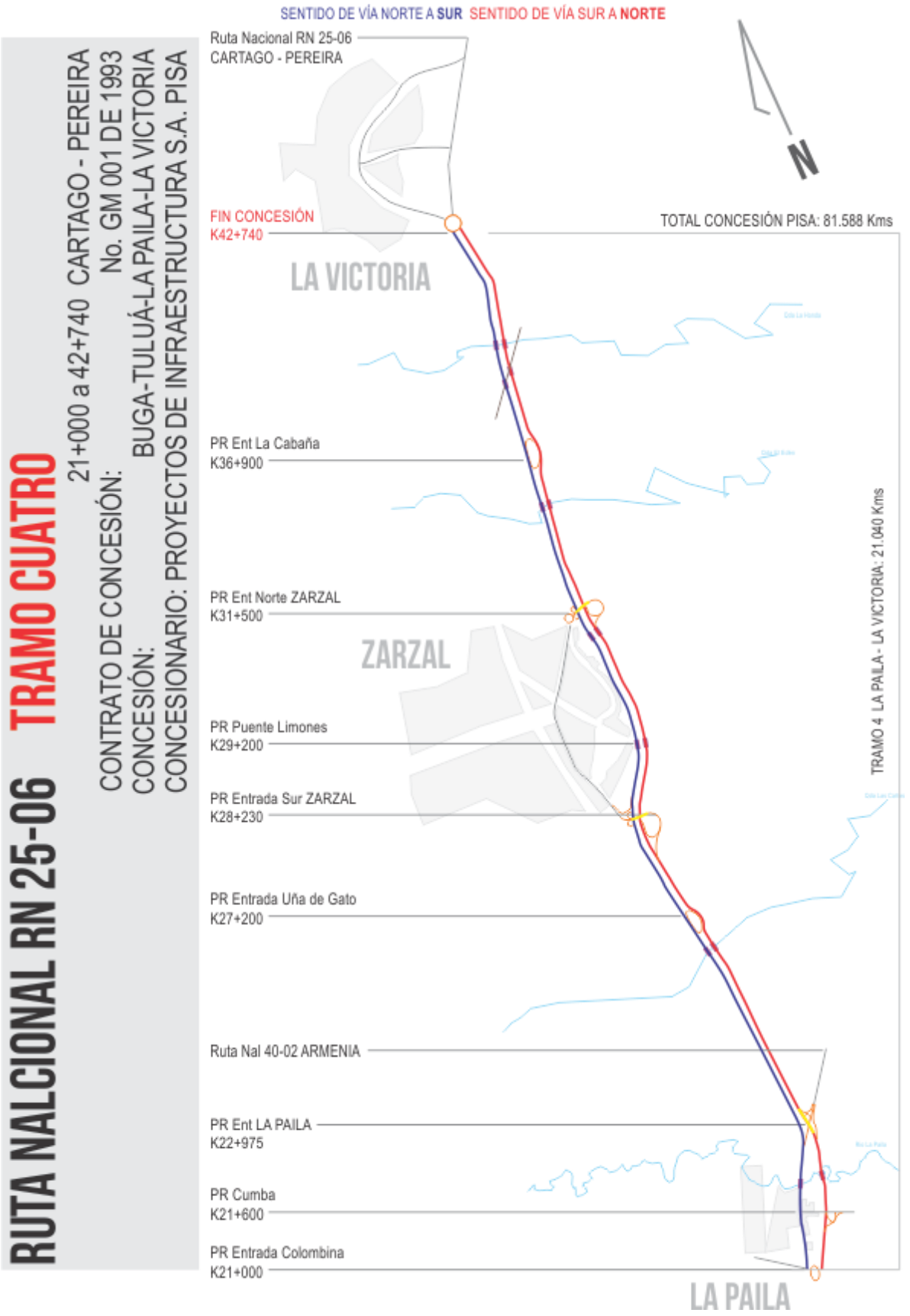
ILUSTRACIÓN 55. ESQUEMA TRAMO BUGA/LA PAILA/LA VICTORIA (PISA S.A., 2020)

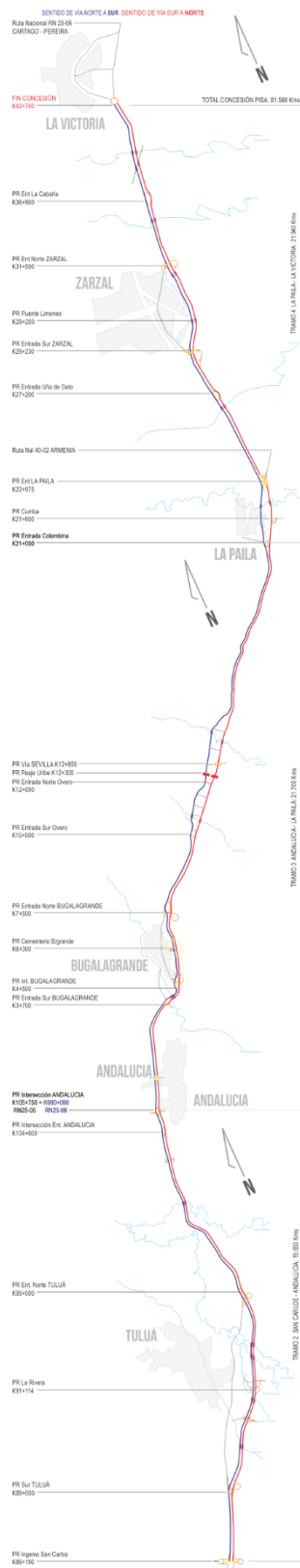
Para poder aumentar el detalle en los rangos de búsqueda, con la pretensión de encontrar si hay aspectos del diseño geométrico de la vía que pueden llegar a ser causantes de los tipos de accidentes que estamos buscando (accidentes por pérdida de carril o SVROR por sus siglas en ingles (single vehicle run-off-the-road accidents) (Transportation Research Board, 2022)











Este plano representa la totalidad de la vía concesionada a PISA, que en total son 81.578 kilómetros, los cuales como se explicó anteriormente se segmentaron en 4 sectores o tramos para poder comparar la menor cantidad de datos por tramo y así facilitar su lectura y análisis.

Los datos suministrados por PISA fueron acumulados de los años 2017, 2018 y 2019, ya que estos años fueron los últimos que tuvieron normalidad en el tráfico. Las estadísticas del 2020 y en adelante con la situación del paro nacional, hizo que los datos no fueran representativos.

Por otra parte, se solicitó a la concesionaria administradora de la vía información segmentada de los posibles accidentes por pérdida de carril, por lo que se solicitaron datos de accidentes de vehículos que fueran individuales y con consideraciones que pudieran asociarse a los diferentes factores causantes de pérdida de carril sobre la vía.

Dentro de la investigación se encontró que los informes de la policía de carretera, por exonerarse de responsabilidades y facilitar el diligenciamiento de documentación de los accidentes, dentro de la matriz del informe, en la casilla de posible causa, en casi el 90% ocasiones dejaban diligenciado: Causa / Otra, siendo esto un impedimento para la identificación del tipo de accidente que requiere la investigación.

Otro aspecto interesante encontrado durante la investigación fue que los conductores generalmente no querían aceptar que la causa del accidente fue un microsueño o distracción al estar, generalmente atentos al celular o realizando otras actividades distintas a estar pendientes de la vía, ya que se tiene la idea que este tipo de conductas pueden generar multas y responsabilidades sobre el accidente, por lo que varios conductores dijeron que eran fallas en el vehículo, o que se les atravesó un animal.

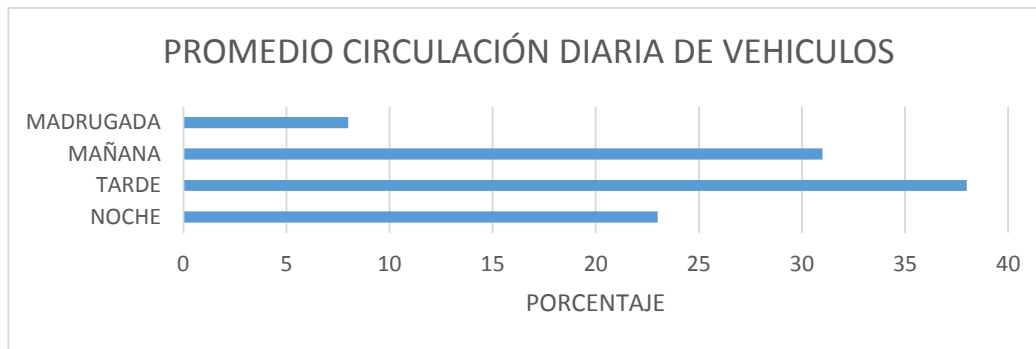
## 15. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de la información se inicia con la captura de datos y posterior análisis cuantitativo de las variables propuestas.

Hay que señalar que la concesionara PISA solo hizo la construcción del doble carril ubicado en el costado oriental de la vía (mostrado en la gráfica de color rojo) y completo de 4 carriles en los sectores que son variantes periféricas a Tuluá, Andalucía, Bugalagrande y Zarzal, de ahí que se tomen datos diferenciado por carril tratando de encontrar información de los dos tipos de trazados, ya que el diseño geométrico de la nueva vía es de 100 km/h. Esta información se segmentó por cada año y acá están los resultados:

| CANTIDAD ACCIDENTES x AÑO |         |         |
|---------------------------|---------|---------|
| AÑO                       | HERIDOS | MUERTES |
| 2017                      | 136     | 5       |
| 2018                      | 127     | 1       |
| 2019                      | 159     | 2       |

A continuación se graficaran los promedios de circulación diaria de vehículos, para tener un estimado de los vehículos que transitan en los diferentes horarios, para lograr entender de mejor manera la información a analizar, veremos gráficamente los indicadores de los datos suministrados.

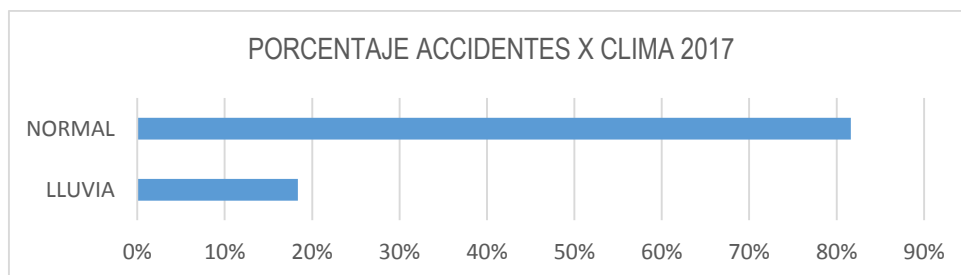
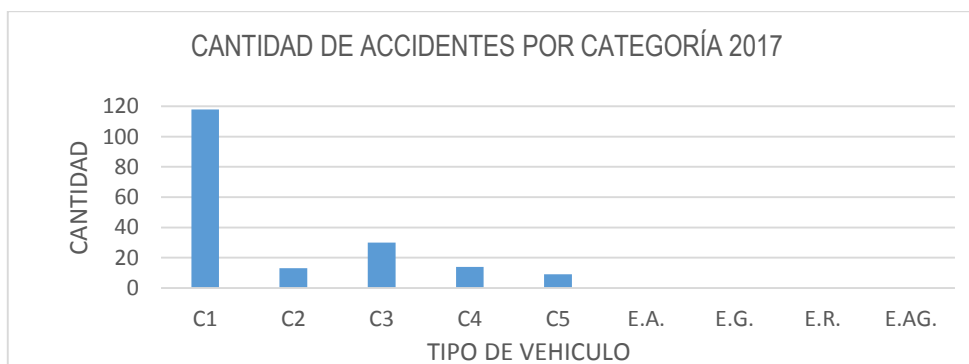
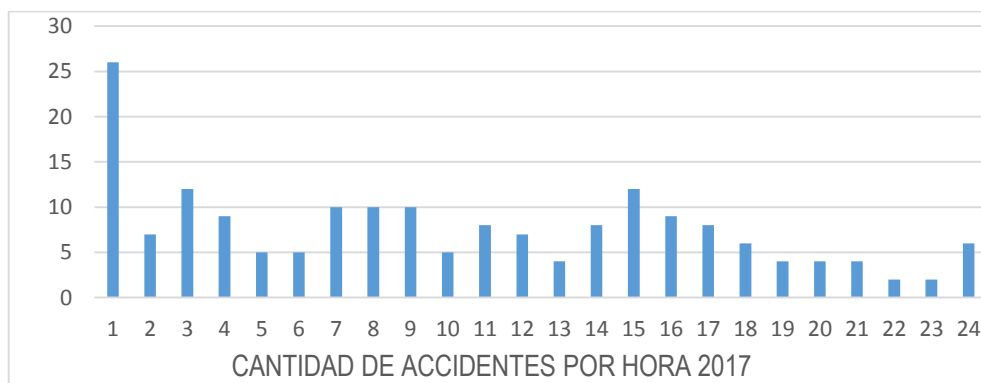
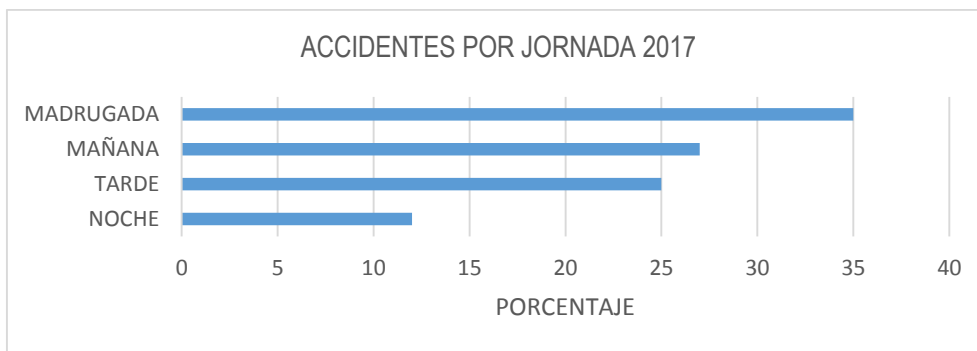


Esta grafica muestra el promedio y porcentajes de circulación de vehículos que transitan en la vía de estudio. Estos datos se toman del promedio de circulación en varias semanas del año y se tendrá en cuenta de acá en adelante como referente para los comparativos de los otros años.

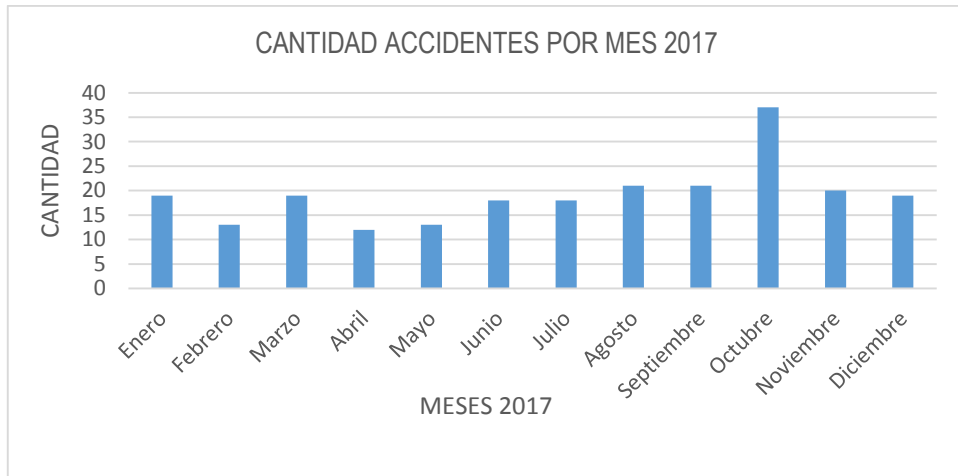
De esta estadística hay que tener en cuenta que el porcentaje de circulación en horario donde hay carencia de luz son inferiores, pero como se quiere demostrar por medio de la investigación y se comprobará más adelante, es en estos horarios donde estadísticamente se presentan la mayoría de los accidentes por pérdida de carril teniendo en cuenta los promedios de circulación de vehículos diariamente. Para el año 2017, hubo 97 accidentes en horario diario y 86 en nocturno (de 6 pm a 6 am). Aunque esta diferencia marca una leve inclinación hacia los eventos diurnos, teniendo en cuenta que la circulación de los vehículos podemos ver que la proporción del trafico nocturno es menos de la mitad que la diaria (un 44.9% menos), de lo que podemos inferir que la incidencia estadística de los accidentes en horario donde no hay luz diaria se incrementa 1.9 veces con respecto al horario entre las 6 am hasta las 6 pm.

Esto tiene que ver también con otros factores como el uso de alcohol y de sustancias alucinógenas por parte de algunos conductores, factores de riesgo asociados a la fiesta y vida nocturna, pero que infieren en la estadística de accidentalidad en la vía.

A continuación se presentan gráficas de los datos analizados para el año 2017.



# Encabezado: Proyecto de Grado BANDAS ALERTADORAS LONGITUDINALES

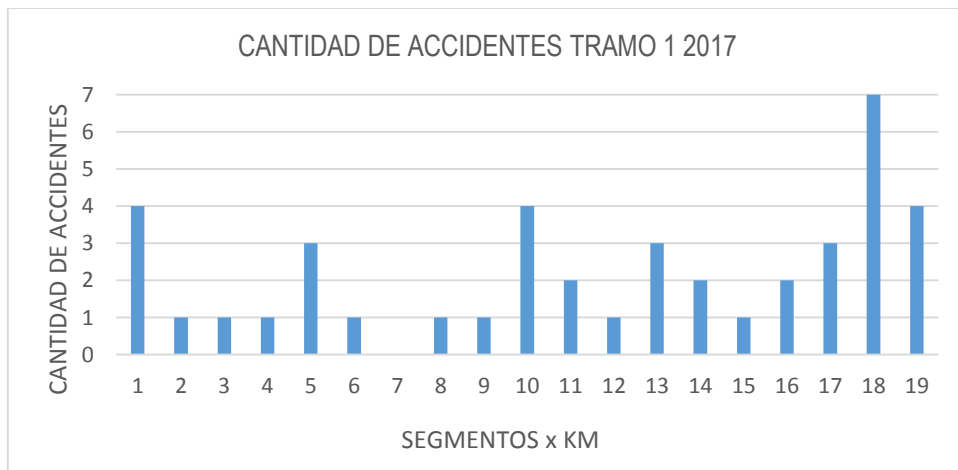


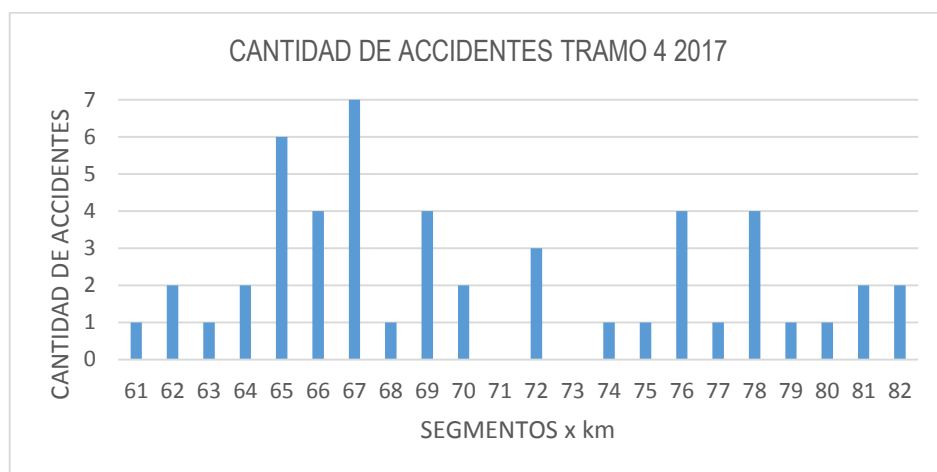
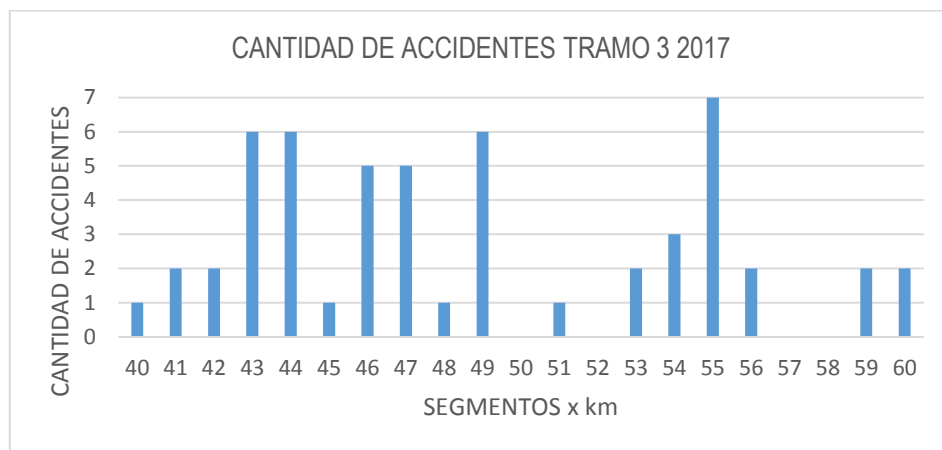
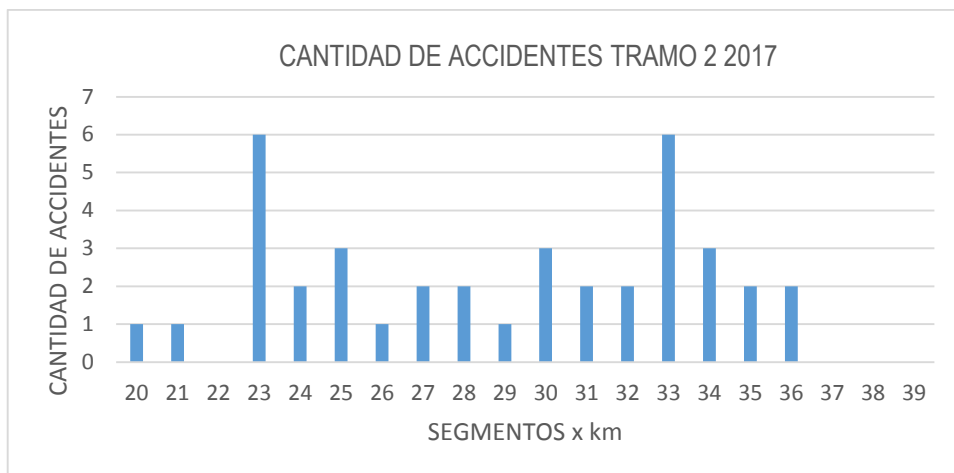
| NÚMERO EN GRÁFICO | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| DISTANCIAS DESDE  | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 |
| HASTA             | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 |

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|
| 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 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82   |
| 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42   |
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 42.7 |

**TABLA DE CONVERSIÓN DE KMS A NÚMEROS PARA LECTURA**

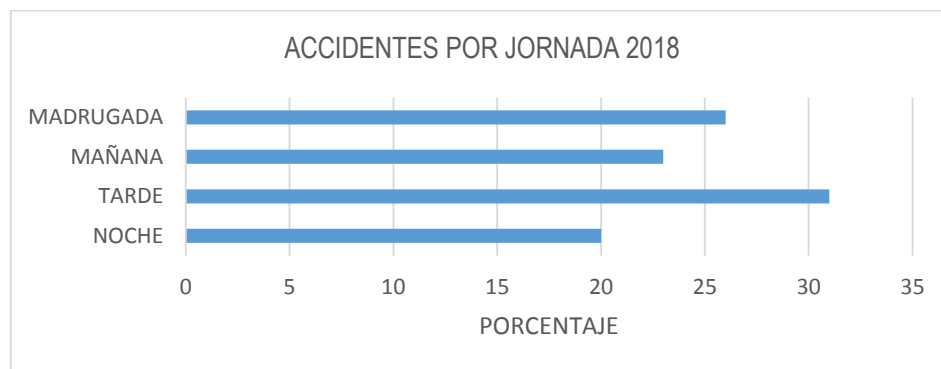


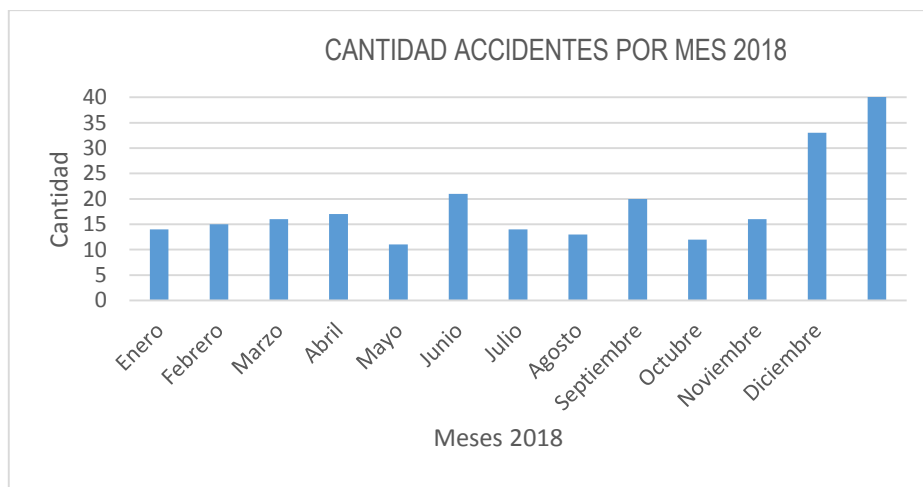
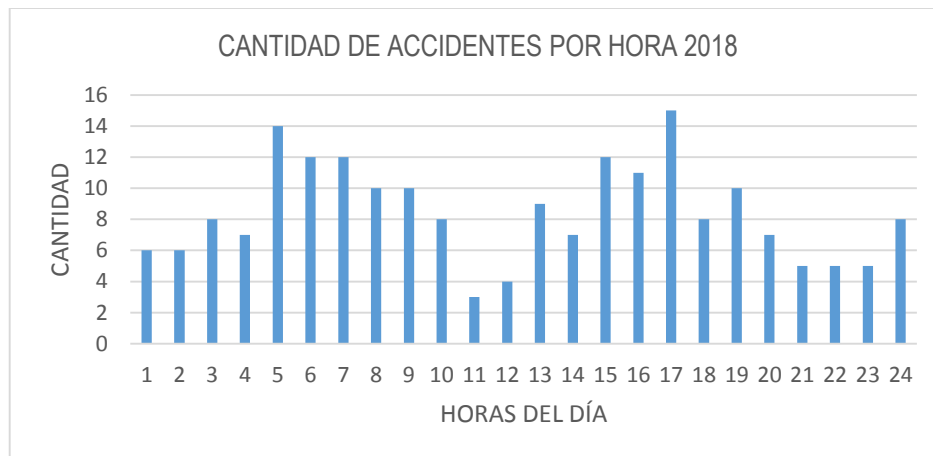
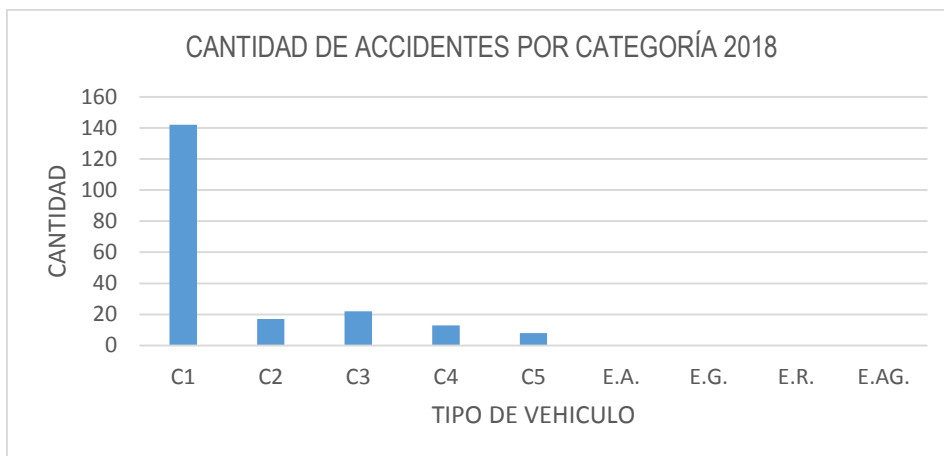


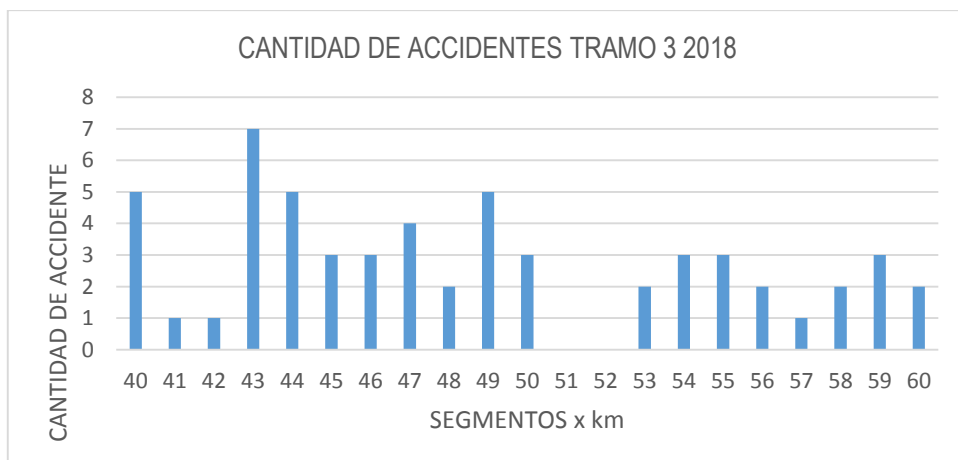
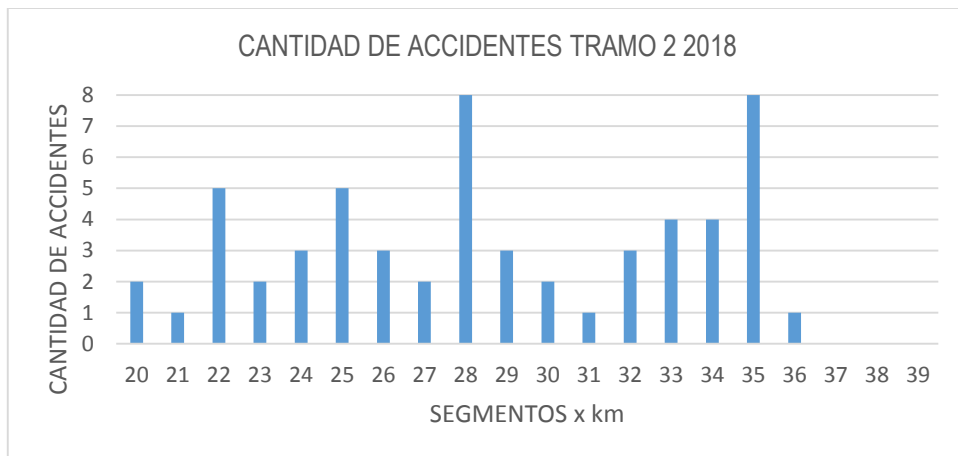
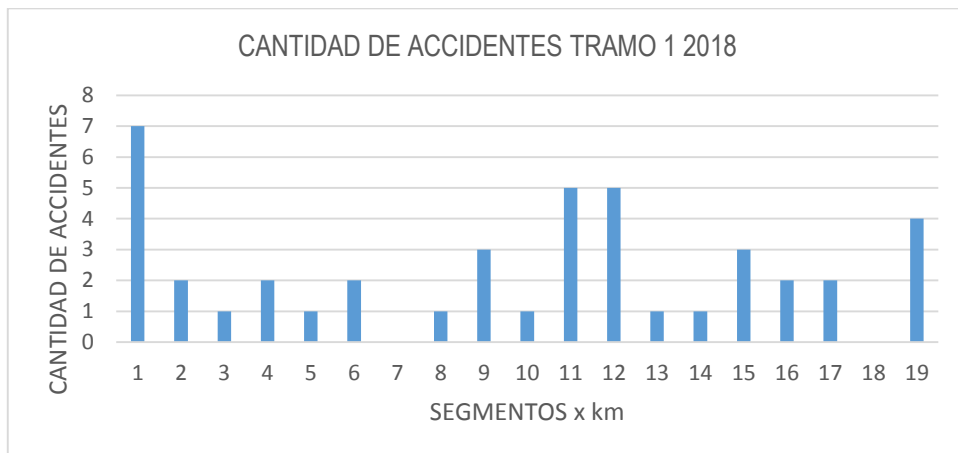
En este cuadro a continuación, se puede ver la variación de los accidentes según el sentido y orientación de la calzada, ya que como se mencionaba anteriormente, los diseños geométricos son de épocas muy diferentes, por lo que se trató de encontrar incidencias de estos diseños en los datos estudiados.

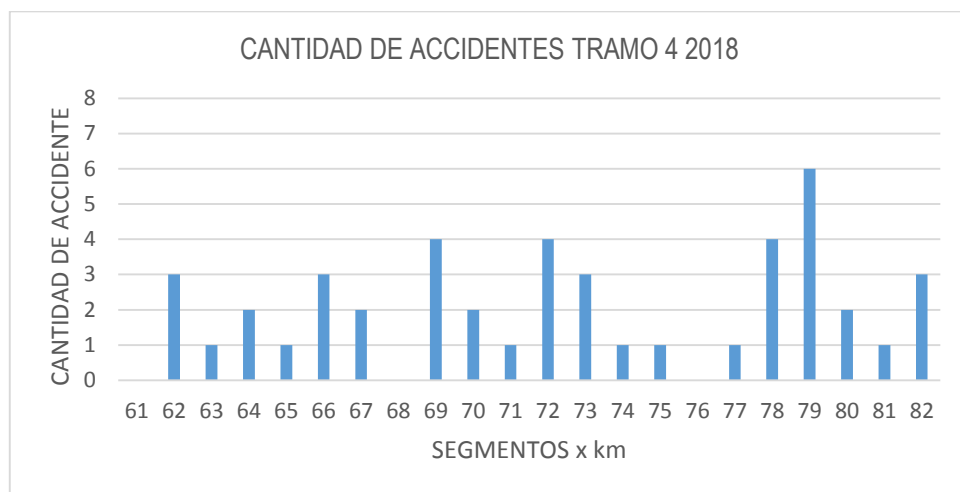
| TRAMOS   | INICIO | FIN    | m x Tramo | ACCID x Tramo | %    | SENTIDO    | CANTIDAD | %   | VARIACIÓN |
|----------|--------|--------|-----------|---------------|------|------------|----------|-----|-----------|
| 1        | 66902  | 86100  | 19198     | 43            | 23%  | ORIENTAL   | 19       | 44% | 0.8       |
|          |        |        | +         |               |      | OCCIDENTAL | 24       | 56% |           |
| 2        | 86100  | 105750 | 19650     | 38            | 21%  | ORIENTAL   | 23       | 61% | 1.5       |
|          |        |        | +         |               |      | OCCIDENTAL | 15       | 39% |           |
| 3        | 0.000  | 21700  | 21700     | 55            | 30%  | ORIENTAL   | 34       | 62% | 1.6       |
|          |        |        | +         |               |      | OCCIDENTAL | 21       | 38% |           |
| 4        | 21700  | 42740  | 21040     | 49            | 26%  | ORIENTAL   | 20       | 41% | 0.7       |
|          |        |        | =         |               |      | OCCIDENTAL | 29       | 59% |           |
| CANTIDAD |        |        | 81588     | 185           | 100% |            | 185      |     |           |

Estadística del año 2018:



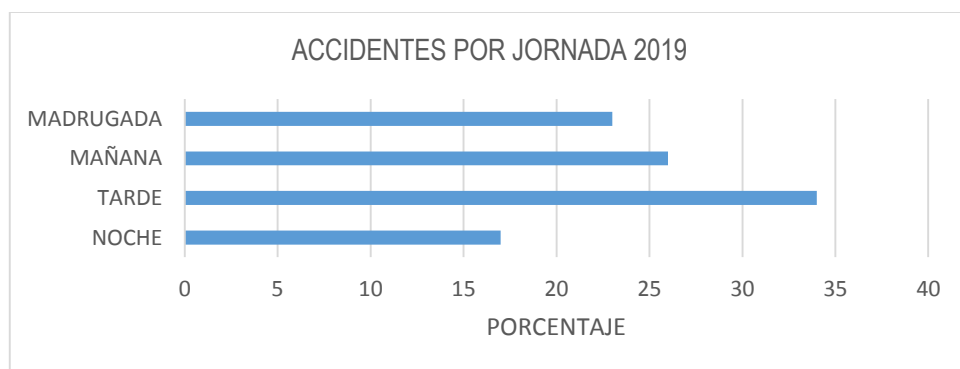


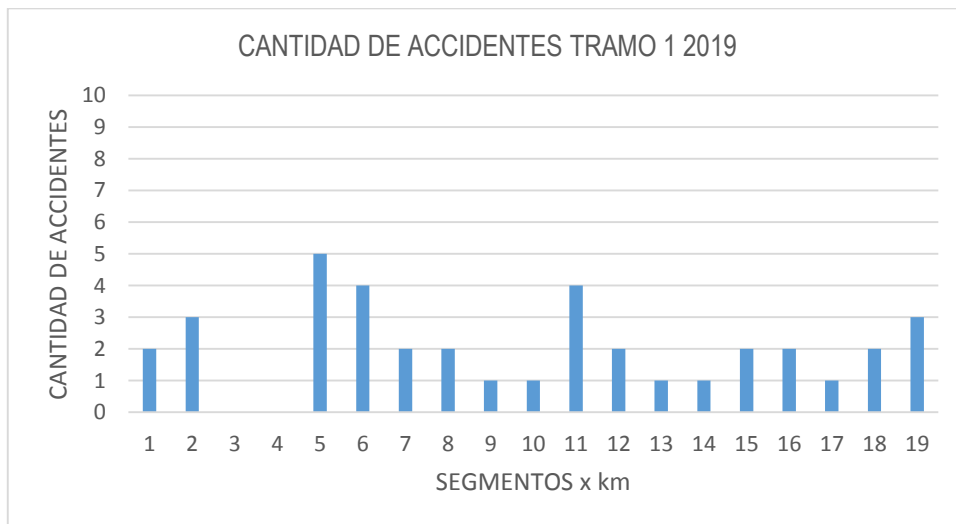
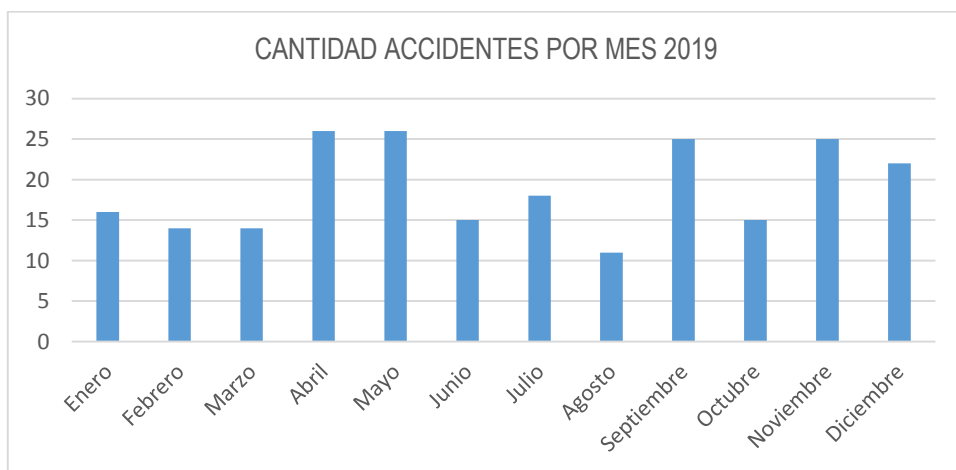
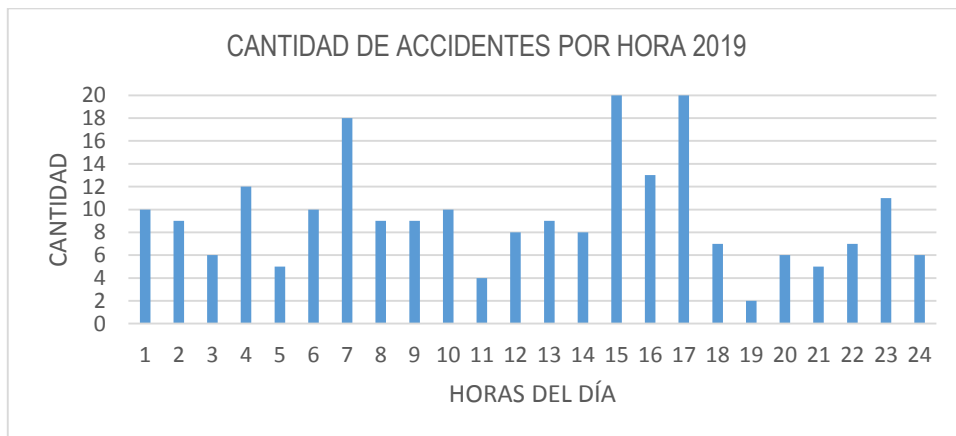


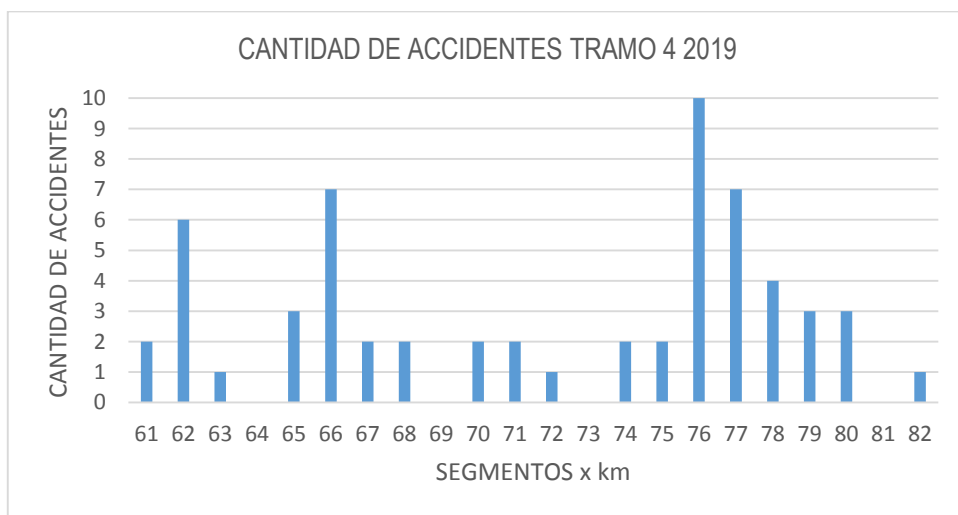
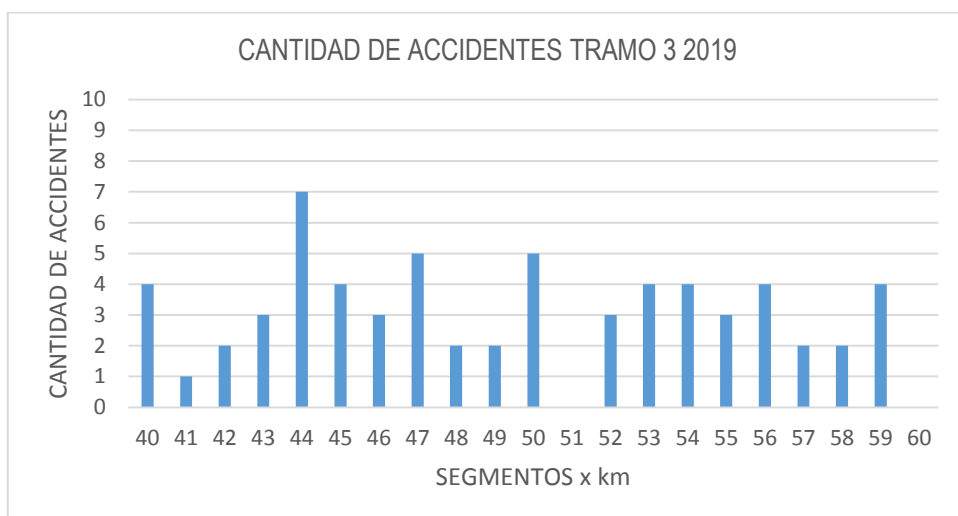
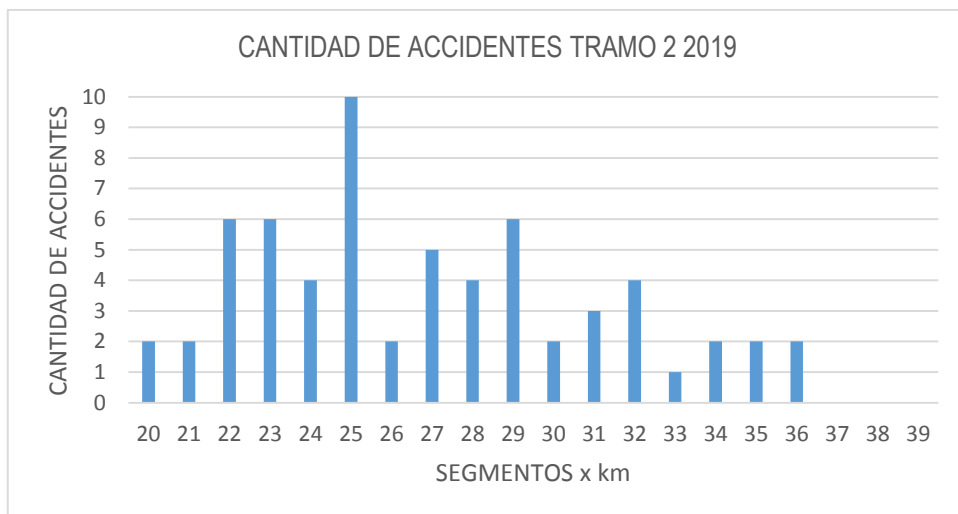


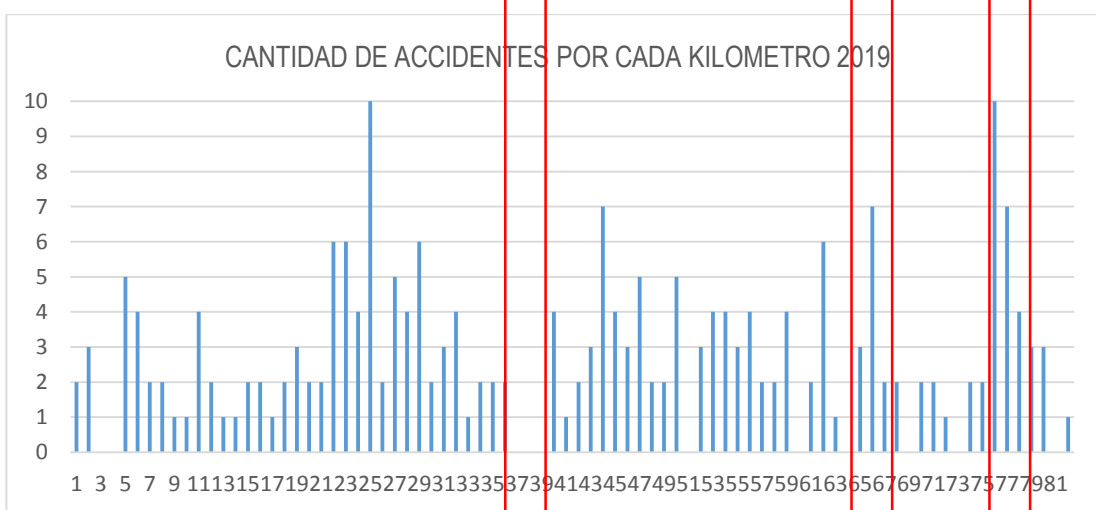
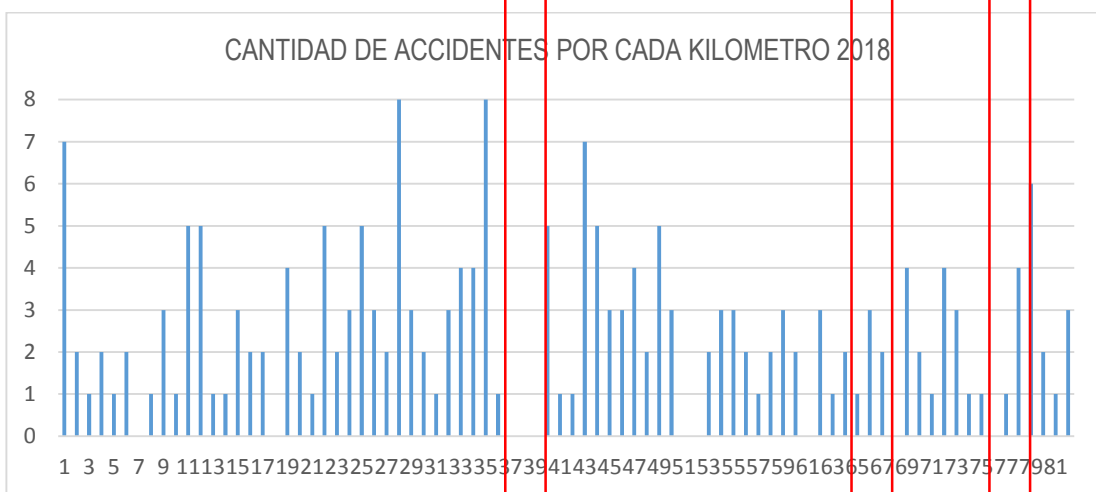
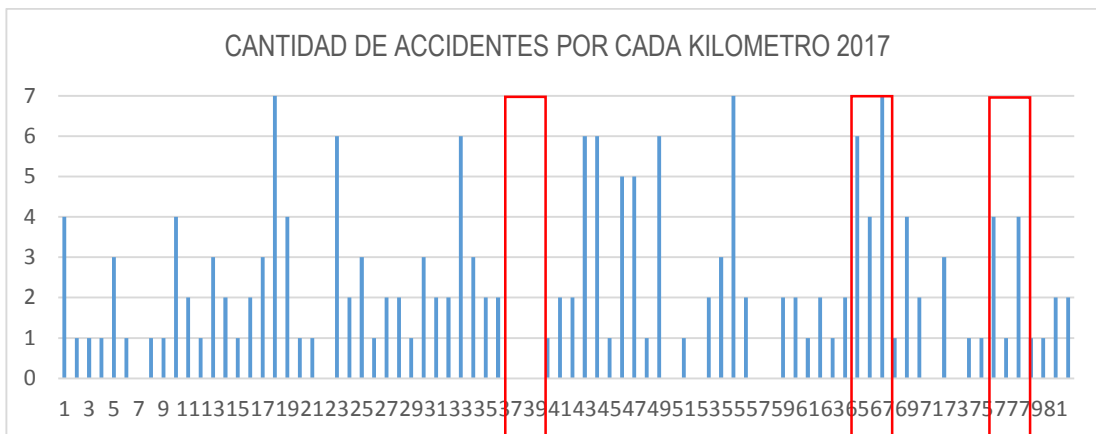
| TRAMOS   | INICIO | FIN    | m x Tramo  | ACCID x Tramo | %    | SENTIDO    | CANTIDAD | %   | VARIACIÓN |
|----------|--------|--------|------------|---------------|------|------------|----------|-----|-----------|
| 1        | 66902  | 86100  | 19198<br>+ | 43            | 21%  | ORIENTAL   | 17       | 40% | 0.7       |
|          |        |        |            |               |      | OCCIDENTAL | 26       | 60% |           |
| 2        | 86100  | 105750 | 19650<br>+ | 57            | 28%  | ORIENTAL   | 31       | 54% | 1.2       |
|          |        |        |            |               |      | OCCIDENTAL | 26       | 46% |           |
| 3        | 0.000  | 21700  | 21700<br>+ | 57            | 28%  | ORIENTAL   | 40       | 70% | 2.4       |
|          |        |        |            |               |      | OCCIDENTAL | 17       | 30% |           |
| 4        | 21700  | 42740  | 21040<br>= | 45            | 22%  | ORIENTAL   | 18       | 40% | 0.7       |
|          |        |        |            |               |      | OCCIDENTAL | 27       | 60% |           |
| CANTIDAD |        |        | 81588      | 202           | 100% |            | 202      |     |           |

Estadística del año 2019:









Señalización en rojo para resaltar comparativamente años y encontrar similitudes.

Todo este análisis pretende encontrar por medio de la estadística de los daños de accidentes de estos tres años, lugares, sectores o puntos específicos que pudieran llegar a ser potencialmente riesgosos por su alto índice de accidentalidad, pero la conclusión que de acá se puede obtener es que los eventos se comportan de manera diversa, por lo que no hay indicios que el factor geométrico sea un factor determinante en la accidentalidad en esta vía.

Sin embargo, basados en otros datos estudios al respecto sobre todo en Europa (Francesca La Torrea, October 2012) hace referencia al uso excesivo de estas ayudas y menciona que no es necesario llegar de BAL toda la vía, y sobre todo habla de su uso no recomendado en curvas.

Es por esto que parte de la propuesta pretende iniciar la instalación de este tipo de dispositivos en lugares neurálgicos como los son las rectas más largas que tiene la vía.

## ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE TIPOLOGÍA A UTILIZAR

Para el desarrollo de este proyecto, se investigó y se realizó un condensado de las aplicaciones más relevantes con respecto a las tipologías y efectividad en su función, donde se puedan llegar a obtener datos de su desempeño frente a su función principal, ya que estos elementos por su particularidad e interacción con los vehículos y el entorno, pueden llegar a tener otro tipo de aspectos a evaluar, como el ruido que genera en el ambiente.

Como algunos aspectos comparativos son difíciles de obtener, se harán algunas cuantificaciones cualitativas basados en información de otras investigaciones al respecto y en todas se buscará el factor predominante que será el valor monetario para realizarlo en la vía propuesta, de manera que comparativamente se pueda determinar el menor valor de las tipologías existentes entre sus más representativas.

A continuación se muestra una tabla donde se busca evaluar de manera cualitativa cada uno de los siguientes aspectos:

Convexa, cóncava, forma, visibilidad, sonoridad y vibración





| TIPOLOGÍAS SRS  | CONVEXA   |  |
|-----------------|---|--|
|                 | T1 FRESADA  | T2 ROLADA  |
| IMAGEN          |                        |    |
| DESCRIPCIÓN     | Señalización creada por fresadora que va levantando cortos segmentos mientras va levantando el asfalto. | Se realiza generalmente al momento de pavimentar mientras esta fresco el asfalto y lo realiza el rodillo de un vibrocompactador. |
| FORMA           |                      |    |
| VISIBILIDAD     | ALTA + 3  | MEDIA + 2  |
| SONORIDAD       | ALTA + 3  | MEDIA + 2  |
| VIBRACIÓN       | ALTA + 3  | MEDIA + 2  |
| DURABILIDAD     | ALTA + 3  | ALTA + 2   |
| COSTO (inverso) | ALTA -3   | BAJO -1  |
| CALIFICACIÓN    | = 9   | = 6  |

TABLA 3. MATRIZ EVUALUATIVA



| TIPOLOGÍAS<br>SRS  | CONCAVA  | CONVEXA  |
|--------------------|--|--|
|                    | T3 SINUSOIDAL  | T4 PINTURA ACUMULADA   |
| IMAGEN             |    |    |
| DESCRIPCIÓN        | Tipo de señalización hecha con fresado continuo de forma ondulada que busca no golpear las llantas y generar el sonido por el cambio de textura. | Bandas que se realizan por medio de una máquina de pintura, que deja agrupar cúmulos para generar el golpe al pasar por arriba |
| FORMA              |   |   |
| VISIBILIDAD        | ALTA + 3   | ALTA + 3   |
| SONORIDAD          | ALTA + 3   | ALTA + 3   |
| VIBRACIÓN          | MEDIA + 2  | ALTA + 3   |
| DURABILIDAD        | ALTA + 3   | BAJA + 1   |
| COSTO<br>(inverso) | ALTA - 3   | BAJO - 1   |
| CALIFICACIÓN       | = 8  | = 9  |

TABLA 4. MATRIZ EVUALUATIVA

| TIPOLOGÍAS SRS  | CONVEXA   | CONVEXA   |
|-----------------|---|---|
|                 | T5 PREFORMADOS  | T4 PINTURA TEXTURIZADA  |
| IMAGEN          |        |   |
| DESCRIPCIÓN     | Elementos prefabricados en termoplásticos que se instalan con adhesivos especializados. | Pintura especial que se aplica por medio de maquinaria y genera textura que al transitar sobre ella genera pequeñas vibraciones y ruido |
| FORMA           |      |   |
| VISIBILIDAD     | ALTA + 3  | BAJA + 2  |
| SONORIDAD       | ALTA + 3  | MEDIA + 2   |
| VIBRACIÓN       | ALTA + 3  | BAJA + 2  |
| DURABILIDAD     | BAJA + 1  | MEDIA + 2   |
| COSTO (inverso) | ALTA -3   | BAJO -1   |
| CALIFICACIÓN    | = 7   | = 7   |

TABLA 5. MATRIZ EVALUATIVA

Cómo se mencionaba en el anteproyecto, dentro de las hipótesis, el índice de factibilidad dependiente del aspecto económico es alto, debido al uso de maquinaria especializada, ya sea para realizar el fresado o rolado en el caso de las BAL cóncavas, tanto como el uso de la maquinaria especializada hace que la investigación tenga ciertas limitaciones, ya que en el país no se encontró proveedores especializados en esta labor.

Sin embargo durante el proceso de investigación, se logró acercamientos con proveedores de señalización vial, los cuales brindaron información valiosa acerca de la posibilidad de instalación de la BAL por medio de diferentes métodos de señalización vial con pintura y componentes termoplásticos con adición de agregados pétreos.



ILUSTRACIÓN 55. EJEMPLO DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN BOGOTÁ POR USO DE MEZCLA DE MATERIALES PETREOS Y EPOXICOS (FUENTE: PROPIA)



ILUSTRACIÓN 56. MUESTRA DE MEZCLA DE MATERIALES PETREOS Y EPOXICOS (FUENTE: PROPIA)

Otra posible solución para el proceso de puesta en funcionamiento de las BAL de manera rápida puede ser el uso de pinturas epóxicas, ya que estas son de fácil instalación, aunque según la experiencia del dueño de la empresa, *C&C Ingeniería Vial SAS*, la durabilidad de este tipo de señalización puede ser corta (entre 1 y 2 años dependiendo del tipo de tráfico que la transite)



ILUSTRACIÓN 57. SEÑALIZACIÓN CON EPOXICOS (FUENTE: PROPIA)

Como se ha investigado, se buscará dar cualquier otro plus a manera de buscar que el proyecto tenga elementos o factores adicionales que lo hagan atractivo, como por ejemplo la reducción de mantenimiento en la pintura de las líneas de la vía. (CAHOON)

Otro tema a tratar es la falta de conocimiento de este tipo de elementos para la señalización, por lo que en el trabajo de investigación se va a proponer al concesionario PISA, el uso de diferentes tipologías, desde la menos invasiva a todos los actores viales, hasta llegar al sistema de fresado, para así poder hacer un comparativo del comportamiento de los conductores ante el uso de estos elementos. Una de las propuestas una vez ya se encuentren en funcionamiento la BAL, es entregar junto al primer tiquete de pago del peaje en el sentido de entrada a la concesión, para que este sea diligenciado y se pueda tener una calificación y retroalimentación de la instalación de los dispositivos.



**PISA** proyectos de infraestructura, s.a.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN PARA QUE DILIGENCIE PASAJEROS DEL VEHICULO.  
:

1. Saben que son las bandas alertadoras longitudinales? –  SI  NO

2. Noto que en esta vía se han instalado estas bandas alertadoras para su seguridad?  SI  NO

3. Le gustaría que instalaran mas de estas bandas?  SI  NO

La investigación aunque no arrojó datos de la cantidad de biciusuarios de la doble calzada, estos serán tenidos en cuenta, ya que son actores viales y como tal como lo dice la nueva legislación en el Código de Transito Nacional:

*“Código Nacional de Tránsito Terrestre.*

**ARTÍCULO 95. NORMAS ESPECÍFICAS PARA BICICLETAS Y TRICICLOS.**

*Artículo modificado por el artículo 9 de la Ley 1811 de 2016:*

*Las bicicletas y triciclos se sujetarán a las siguientes normas específicas:*

- 1. Debe transitar ocupando un carril, observando lo dispuesto en los artículos 60 y 68 del presente código.*
- 2. Los conductores que transiten en grupo deberán ocupar un carril y nunca podrán utilizar las vías exclusivas para servicio público colectivo.*
- 3. Los conductores podrán compartir espacios garantizando la prioridad de estos en el entorno vial.”*

(SENADO REPUBLICA DE COLOMBIA, 2022)

Teniendo esto en cuenta y la perspectiva de instalación de los dispositivos, el diseño a escoger para iniciar el proyecto será la pintura texturizada, ya que dentro de lo estudiado, es solución menos agresiva con otros actores viales como ciclistas y motociclistas.

Para la propuesta, ya en el proceso constructivo y de instalación de la señalización se experimentará distintos resultados pretendiendo que la emulsión de pintura cumpla dejando partes alta y bajas como se ve a continuación:



ILUSTRACIÓN 58. SEÑALIZACIÓN PINTURA TEXTURIZADA (IOL, 2022)

## 16. RESULTADOS ESPERADOS

Con este estudio se pretende sustentar de manera cuantitativa la opción en términos de viabilidad de instalación de las bandas alertadoras en los tramos de vía que sean seleccionados para tal fin. La tecnología a utilizar será decisión de la concesionaria y su viabilidad entraría a ser evaluada en un comité que se conformaría para tal fin, con el propósito de lograr implementar la solución en términos monetarios, idoneidad, eficiencia y eficacia a partir de tecnologías utilizadas en la construcción a nivel local.

Aunque a mediano plazo se espera una implementación total de la vía, inicialmente se espera una ejecución parcial y experimental para evaluación de este tipo de ayudas al

conductor en las entretangencias (rectas), con énfasis del costado izquierdo de la vía, pues este es el que tiene menor espacio o margen de maniobra en caso que la persona pierda el carril de manera paulatina.

Con la entrada en funcionamiento de este tipo de señalización, se espera por lo menos una reducción del 10 % de muertes en accidentes causados por pérdida de carril involuntario.



*ILUSTRACIÓN 59. DISTANCIAS DE HOMBROS, RECTA VARIANTE ANDALUCÍA. FUENTE: (GOOGLE MAPS, 2020)*

Esta diferencia de medidas al fin de las líneas de carril, hace que la recuperación de conducción ante una situación de pérdida de carril, hace que al costado izquierdo sea más fácil, ya que el vehículo no va a perder tracción ni va a cambiar la superficie de rodadura, mientras por el costado izquierdo el conductor va a tener muy poco tiempo de reacción, como se muestra en la siguiente gráfica.

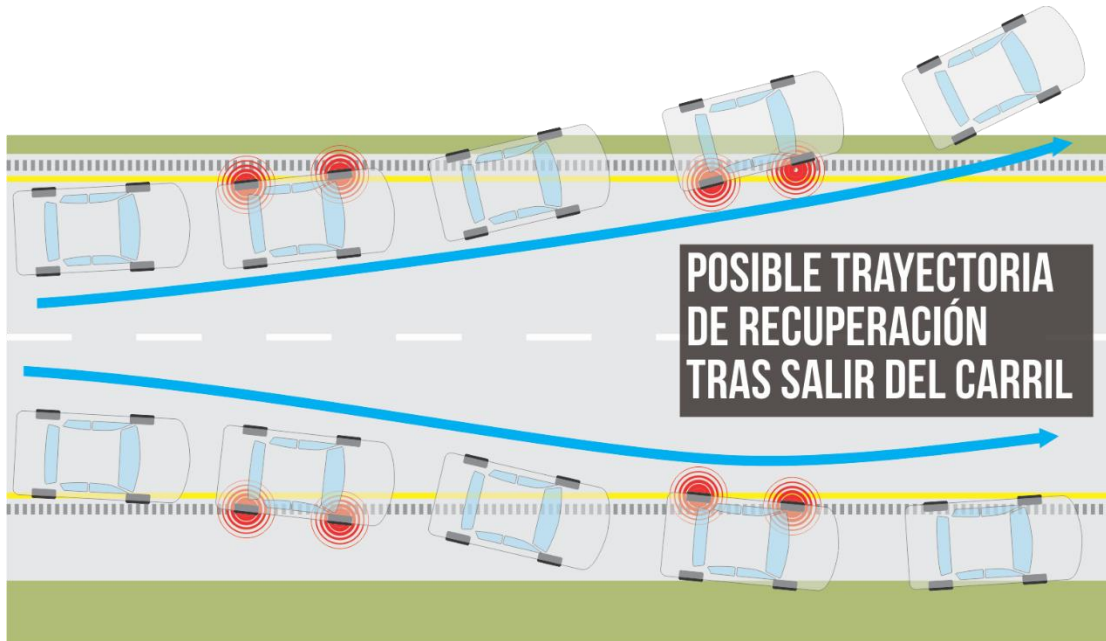


ILUSTRACIÓN 60. POSIBLES TRAYECTORIAS (FUENTE PROPIA)

Otra de las propuestas tiene que ver con el reposicionamiento de las bandas alertadoras, ya que estas se encuentran ubicadas tradicionalmente al borde externo de la línea del carril, pero esto funciona si hay espacio para poder retornar al carril. En la actualidad, el país carece de infraestructura de este nivel, ya que la normatividad actual no exige que las áreas de servicio sean a ambos costados de los carriles.

Según el curso; Diseño de Zonas Laterales y Sistemas de Contención Vial dictado por el Fondo de Prevención Vial (Vial, 2015), las zonas adyacentes a la vía debería ser despejadas, pero ni siquiera en vías de primer nivel como en la que se basa este proyecto las tiene, de ahí que se proponga este tipo de modificación en la instalación de los dispositivos.

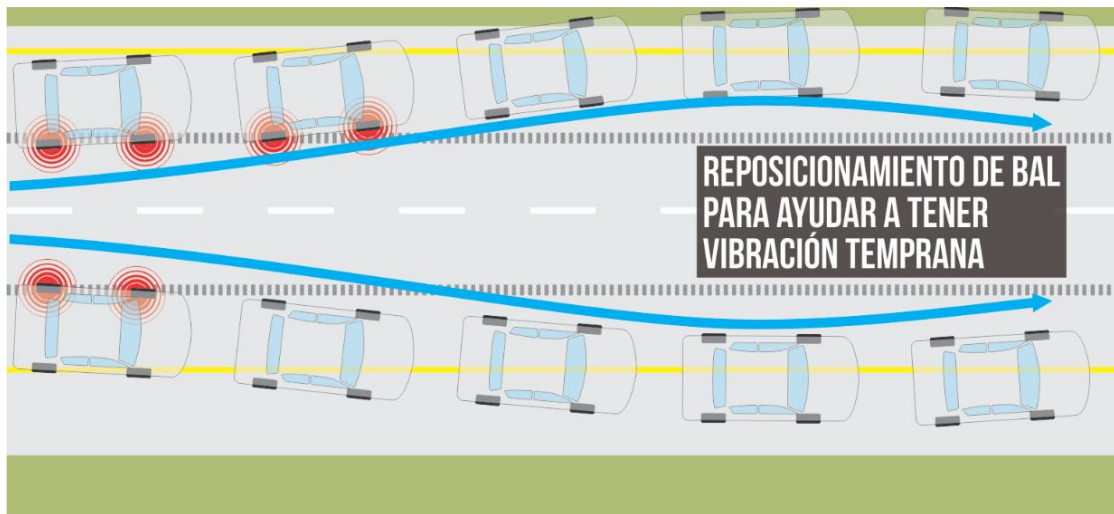


ILUSTRACIÓN 61. POSIBLES TRAYECTORIAS (FUENTE PROPIA)

Otra ayuda que se pretende implementar es el seccionamiento de los dispositivos para que usuarios como ciclistas puedan pasar de un lado al otro si sufrir la vibración.

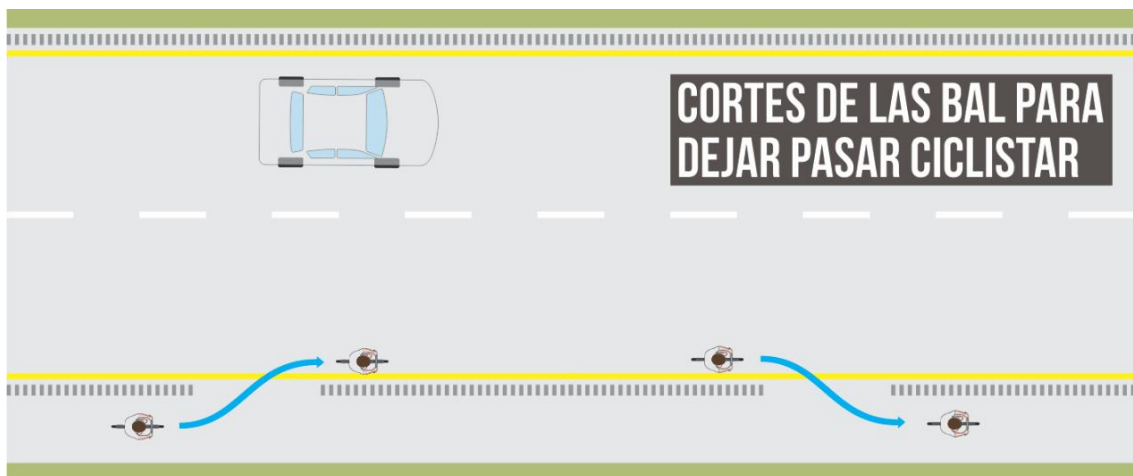


ILUSTRACIÓN 62. CAMBIO DE CARRIL (FUENTE PROPIA)



ILUSTRACIÓN 63. CICLISTAS Y USO DEL CARRIL (FUENTE PROPIA)



ILUSTRACIÓN 64. CICLISTAS Y USO DEL CARRIL (FUENTE PROPIA)

Dentro de la propuesta se incluye también la señalización de dichos dispositivos, ya que en el manual de señalización vial (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2015) no cuenta con avisos que informen acerca de puesta en servicio de este tipo de ayudas al conductor errante.



ILUSTRACIÓN 65. PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN (FUENTE PROPIA)



ILUSTRACIÓN 66. PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN (FUENTE PROPIA)

## 17. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este proyecto a la vez que se buscan soluciones o ayudas a conductores que de manera desprevenida pierden su carril, ya sea por sueño o falta de atención por estar manipulando dispositivos electrónicos mientras se conduce o realizar otras actividades diferentes a manejar el vehículo, surgen otras dudas con respecto a qué tipo de solución es la idónea, ya que en la actualidad varias de las soluciones requieren equipos especializados que no se encuentran en el mercado local.

Esta duda surge ya que en el país no hay avances ni soluciones locales con este propósito, tal vez porque no existen la cantidad de vías que lo justifiquen o porque no existen datos estadísticos que documenten o alerten de este tipo de accidentes. Por otro lado, en Norte América y Europa se han hecho desarrollos en este sentido desde hace más de 30 años, dejando en el tintero a nivel local si es la falta de interés o la escases de recursos lo que han hecho que aspectos de seguridad como estos no hayan sido tenido en cuenta antes.

Dentro del proceso de investigación como hipótesis se podría decir que la respuesta a esa pregunta es la carencia de recursos y la falta de conocimiento con respecto a este tipo de soluciones, ya que la maya vial del país se encuentra en un atraso significativo comparativamente con otros países, inclusive de Latinoamérica, por lo que los recursos se invierten en la construcción y reparación de las vías actuales, porque ni siquiera para mantenimiento se asignan recursos proyectadamente.

Para este caso, la concesión PISA ya que cuenta con los recursos y la disposición para la instalación de los dispositivos, solo queda realizar la gestión ante la Gobernación del Valle del Cauca, por lo que la viabilidad del proyecto es alta.

La incógnita de las tipologías queda solucionada con la proyección acordada, ya que se pretende a la vez que se realiza una curva de aprendizaje por medio de la implementación de la BAL en una escala ascendente desde la tipología de menor altura y menos costosa como la utilizada con pintura texturizada. De todos modos esta será

una propuesta evaluativa, ya que será el comité evaluador el que tome la decisión de la solución a instalar.



ILUSTRACIÓN 67. BAL TEXTURIZADA (FUENTE YOUTUBE)

Por medio de esta investigación se pretende analizar, parametrizar y obtener sobre todo datos de medición que permitan entender el funcionamiento de los dispositivos, ya que es importante realizar desde retroalimentación con los usuarios de la vía, hasta la mejora de captura de los datos que van a generar la nueva estadística, ya que en la investigación uno de los más importantes inconvenientes se tuvo debido que la información específica no existía y esta se tuvo que organizar y esquematizar de manera que se pudiera filtrar y formular para obtener la información necesaria de lo que había pasado durante el tiempo estudiado.

También se puede decir que la BAL, aunque no son unas herramientas muy conocidas en el país, cumplen una valiosa función para la seguridad vial, salvar vidas y hasta mejorar la garantía de entrega de carga, ya que son varios los accidentes en los que se ven implicado el transporte pesado, hecho que daña cadenas logísticas y productivas, ya que Buenaventura es el puerto con más movimiento de carga en el país, de ahí de la importancia de la instalación de estas ayudas que aunque no tengan garantía, ayudan a que todos los conductores a pesar de cometer errores como seguir conduciendo con

cansancio extremo o nos distraigamos con nuestro celular, podamos llegar a destino de manera segura.

Otra de las conclusiones es que aunque existen varias tipologías, por medio de la matriz evaluativa se pretende mostrar de manera cuantitativa las diferentes soluciones de manera que se pueda tomar una decisión de manera objetiva con respecto al propósito inmediato de la solución, teniendo en cuenta todas las variables contempladas.

Ya por último y no menos importante se concluye que es de vital importancia realizar el gestión y seguimiento al proceso del proyecto dentro de la concesión PISA para que este pueda tener un resultado real, ya que si alguno de estos dispositivos logra salvar aunque sea una sola vida (aunque eso a ciencia cierta no se sabrá porque el mejor resultado es que se disminuyan los indicadores), esta investigación habrá cumplido su objetivo a cabalidad.

## 18. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adventure Cycling Org. (10 de 05 de 2022). *www.adventurecycling.org*. Obtenido de *advocacy/safety-advocacy/rumble-strips/*:  
<https://www.adventurecycling.org/advocacy/safety-advocacy/rumble-strips/>
- AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL. (2019). *Informe con las conclusiones de la revisión de la información secundaria por parte del ONSV sobre las causas de los incidentes fatales y no fatales*. Bogotá.
- Ames, C. (2019). Rumble strips should be used on single carriageways, TRL says. *Highways Magazine*, <https://www.highwaysmagazine.co.uk/Rumble-strips-should-be-used-on-single-carriageways-TRL-says/5108>. Obtenido de <https://www.highwaysmagazine.co.uk/Rumble-strips-should-be-used-on-single-carriageways-TRL-says/5108>
- Bituleit. (25 de 05 de 2020). *www.bituleit.com*. Obtenido de Road Marking Thermoplastic: <https://bituleit.com/en/road-marking/thermoplastic/>
- BRIDOG. (25 de 05 de 2020). *www.bridog.net*. Obtenido de SINUSOIDAL RUMBLE STRIPS AKA “MUMBLE STRIPS”: [https://bridog.net/wp-content/uploads/2014/08/IMG\\_9242.jpg](https://bridog.net/wp-content/uploads/2014/08/IMG_9242.jpg)
- CAHOON, R. (s.f.). *Use of a Rumble Stripe to Reduce Maintenance and Increase Driving Safety*. UTAH.
- CERI Civil Engineering Research Institute For Cold Region. (25 de 05 de 2020). *www2.ceri.go.jp*. Obtenido de <http://www2.ceri.go.jp/rumble/eng/page06/page06.html>
- CLEVELAND.COM. (27 de 05 de 2020). *www.cleveland.com*. Obtenido de Rumble stripes on rural roads concern bicyclists: [https://www.cleveland.com/metro/2010/05/rumble\\_strips\\_on\\_rural\\_roads.html](https://www.cleveland.com/metro/2010/05/rumble_strips_on_rural_roads.html)

Colombia, S. d. (16 de Julio de 2008). Ley 1229 de 2008. *Por la cual se modifica y adiciona la Ley 400 del 19 de agosto de 1997*. Bogotá D.C., Colombia: Senado de la República de Colombia.

Federal Highway Administration. (22 de 06 de 2022). [www.safety.fhwa.dot.gov](http://www.safety.fhwa.dot.gov).  
Obtenido de Design and construction:  
[https://safety.fhwa.dot.gov/roadway\\_dept/pavement/rumble\\_strips/design-and-construction.cfm](https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/pavement/rumble_strips/design-and-construction.cfm)

Francesca La Torre, P. S. (October 2012). Improving Roadside Design to Forgive Human Errors. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 235 – 244.

GOOGLE MAPS. (27 de 05 de 2020). [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps). Obtenido de  
<https://www.google.com/maps/dir/4.530527,-76.0185625/Guadalajara+de+Buga,+Valle+del+Cauca/@4.2331054,-76.1545143,10z/data=!4m9!4m8!1m0!1m5!1m1!1s0x8e39ec93c47a211b:0xa4e3dc568e433f40!2m2!1d-76.3055772!2d3.8946048!3e0>

Gordon Keller, J. S. (2008). *Ingeniería de Caminos Rurales, Guía de Campo para la Mejores Prácticas de Gestión de Camino Rurales*. V. Español: Ins. Mexicano del Transporte.

<https://ruraldesignguide.com/visually-separated/paved-shoulder>. (20 de 06 de 2022).  
*Rural Design Guide*. Obtenido de <https://ruraldesignguide.com/visually-separated/paved-shoulder>

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS. (27 de 04 de 2020). [www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co).  
Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/glosario/130-glosario-manual-diseno-geometrico-carreteras>

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. (s.f.). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá: Invias.

IOL. (29 de 06 de 2022). *www.iol.co.za*. Obtenido de <https://www.iol.co.za/dailynews/news/kzntraffic-new-rumble-strip-road-markings-aims-to-decrease-crashes-on-freeways-16704680>

Medicina Legal. (11 de 05 de 2019). *www.medicinalegal.gov.co*. Obtenido de <http://www.medicinalegal.gov.co/documents/20143/49523/Accidentes+de+transporte+primera+parte.pdf>

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. (2019). *Guia para la implementación de la estrategia de movilidad segura, saludable y sostenible*. Bogotá D.C.: Min Salud.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. (2015). *MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL 2015*. BOGOTÁ D.C.: Ministerio de Transporte.

MLIVE.COM. (25 de 05 de 2020). *www.mlive.com*. Obtenido de MDOT wins national award for 'rumble strip' safety program: [https://www.mlive.com/news/saginaw/2015/11/mdot\\_wins\\_national\\_award\\_for\\_r.html](https://www.mlive.com/news/saginaw/2015/11/mdot_wins_national_award_for_r.html)

Mobiliteits Platform. (25 de 05 de 2020). *www.mobiliteitsplatform.nl*. Obtenido de Wegmarkeringen, meer dan alleen witte verf: <https://www.mobiliteitsplatform.nl/artikel/wegmarkeringen-meer-dan-alleen-witte-verf>

OSPINA, J. J. (2002). *DISEÑO GEOMETRICO DE VÍAS Ajustado al Manual Colombiano*. Medellín.

PEXCO. (25 de 05 de 2020). *www.pexco.com*. Obtenido de Raised Rumble Strips: <https://www.pexco.com/traffic/products/pavement-markers/raised-rumble-strips/>

PISA S.A. (25 de 05 de 2020). <https://www.pisa.com.co/>. Obtenido de <https://www.pisa.com.co/>

- SENADO REPUBLICA DE COLOMBIA. (25 de 06 de 2022).  
*www.secretariassenado.gov.co*. Obtenido de Última actualización: 21 de junio de 2022 - (Diario Oficial No. 52052 - 01 de junio de 2022):  
[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0769\\_2002\\_pr002.html#top](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0769_2002_pr002.html#top)
- State Highway Administration. (08 de 07 de 2014). Guidelines for Application of Rumble Strips. Baltimore, Maryland, Estados Unidos de America.
- Step, Y. C. (20 de 05 de 2022). *blog.yourclearnextstep.com/*. Obtenido de <https://blog.yourclearnextstep.com/caution-rumble-strips-ahead>
- Texas Transportation Institute. (2003). *EFFECTIVENESS OF RUMBLE STRIPS ON TEXAS HIGHWAYS: FIRST YEAR REPORT*. Austin, TX: TTI.
- Transportation Research Board. (23 de 06 de 2022). *MONITORING PREVENTION OF SINGLE VEHICLE RUN-OFF-THE-ROAD ACCIDENTS*. Obtenido de Sciences Engineering Medicine: <https://trid.trb.org/view/477965>
- Universidad de Purdue. (2019). Priorización del mantenimiento de las marcas en el pavimento de la calzada mediante el uso de datos del sensor de asistencia para mantenerse en el carril.
- UNIVERSIDAD DISTRITAL. (2002). Concesiones Viales en Colombia, Historia y Desarrollo. *TECNURA*, 18-26.
- Vial, F. d. (2015). *Diseño de Zonas Laterales y Sistemas de Contención Vial*. Bogotá: Fondo Previsión Vial.