

**Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia para vehículos, en la  
vía Calarcá - Cajamarca como medida de prevención de accidentes**

**Diego Armando Hernandes Salazar, Sergio Nicolás Ramos Herrera**



**Ingeniería Civil, Facultad De Ingenierías**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá, D.C.**

**2023**

**Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia para vehículos, en la  
vía Calarcá - Cajamarca como medida de prevención de accidentes**

**Diego Armando Hernandez Salazar, Sergio Nicolás Ramos Herrera**

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

**Asesora Nancy Cifuentes Ospina**



**Ingeniería Civil, Facultad De Ingeniería Civil**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá, D.C.**

**2023**

## Tabla de contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>10</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>11</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
Objetivo general .....	14
Objetivos específicos .....	14
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>15</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo I: Marco referencial .....</b>	<b>20</b>
1.1    Antecedentes investigativos .....	20
1.2    Marco teórico.....	28
1.2.1 <i>Rampas de frenado de emergencia .....</i>	<i>28</i>
1.2.2 <i>Clasificación de rampas de emergencia.....</i>	<i>29</i>
1.2.3 <i>Tipos de zona de frenado de emergencia .....</i>	<i>30</i>
1.2.4 <i>Consideraciones de diseño.....</i>	<i>31</i>
1.2.5 <i>Ubicación de las rampas de frenado.....</i>	<i>32</i>
1.2.6 <i>Características para una correcta planificación de rampas de frenado.....</i>	<i>32</i>
1.2.7 <i>Ventilación de túneles.....</i>	<i>34</i>
1.2.8 <i>Instalaciones de seguridad.....</i>	<i>35</i>
1.3    Marco conceptual .....	37
1.3.1 <i>Categorización de la red vial nacional .....</i>	<i>37</i>
1.3.2 <i>Registro nacional automotor .....</i>	<i>39</i>

1.3.3	<i>Vehículos con mayor índice de siniestralidad vial en la vía Calarcá hacia Cajamarca.</i>	40
1.4	Marco geográfico .....	41
<b>Capítulo II: Aspectos metodológicos .....</b>		<b>43</b>
2.1	Diseño metodológico .....	43
2.2	Fases de la metodología .....	43
2.3	Técnicas e instrumentos de recolección de información .....	44
<b>Capítulo III: Análisis y discusión de resultados.....</b>		<b>45</b>
3.1	Estudio de siniestralidad vial en la vía Calarcá – Cajamarca .....	45
3.1.1	<i>Índice de TPDA transito promedio diario y TPDM transito promedio mensual 2019 – 2022 en la vía Calarcá – Cajamarca .....</i>	<i>45</i>
3.2	Análisis del reporte de siniestralidad vial periodo mayo a octubre de 2023 vía Calarcá - Cajamarca.....	67
3.2.1	<i>Frecuencia y tipos de eventos .....</i>	<i>68</i>
3.2.2	<i>Tasa de siniestralidad vial.....</i>	<i>68</i>
3.2.3	<i>Involucramiento de vehículos .....</i>	<i>69</i>
3.2.4	<i>Causas principales.....</i>	<i>69</i>
3.3	Identificar el tramo con mayor siniestralidad vial de conformidad con los índices que se han generado y que mejor se acomode a la topografía.....	71
3.3.1	<i>Perfiles de secciones transversales y sitios críticos.....</i>	<i>77</i>
3.3.2	<i>Descripción técnica de los Sitios Críticos Identificados.....</i>	<i>81</i>
3.3.3	<i>Consideraciones geotécnicas para la implementación de rampas de frenado</i>	<i>87</i>
3.4	Determinar la factibilidad técnica de la implementación de rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá hacia Cajamarca, teniendo en cuenta la adecuación a las condiciones específicas de la carretera y la topografía de la zona.....	89

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

3.4.1 <i>Análisis de encuesta sobre experiencias y percepciones de conductores en la vía Calarcá - Cajamarca</i> .....	91
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>97</b>
<b>Lista de referencia</b> .....	<b>100</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>107</b>

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de rampas de emergencia.....	29
<b>Tabla 2.</b> Tipos de zona de frenado de emergencia.....	30
<b>Tabla 3.</b> <i>Criterios para categorización de las vías de la red vial nacional</i> .....	38
<b>Tabla 4.</b> Clases de vehículos que transitan en Calarcá a Cajamarca .....	39
<b>Tabla 5.</b> Factores asociados a los siniestros viales en el tramo Calarcá - Cajamarca .....	40
<b>Tabla 6.</b> Características de túnel de la línea .....	41
<b>Tabla 7.</b> <i>TPDA y TPDM 2019</i> .....	46
<b>Tabla 8.</b> TPDA y TPDM 2020 .....	48
<b>Tabla 9.</b> TPDA y TPDM 2021 .....	52
<b>Tabla 10.</b> TPDA y TPDM 2022 .....	55
<b>Tabla 11.</b> Porcentaje anual de vehículo por año .....	57
<b>Tabla 12.</b> Resumen de reporte de siniestralidad vial .....	70
<b>Tabla 13.</b> Siniestros viales sobre la línea .....	71

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Señal de información en la montaña de Monteagle</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> Rampas de frenado chile .....	22
<b>Figura 3.</b> Rampas de frenado en la carretera Cuernavaca – Cuautlixco.....	24
<b>Figura 4.</b> Causas de accidentes de tránsito .....	27
<b>Figura 5.</b> Instalaciones de seguridad de rampas 1.....	36
<b>Figura 6.</b> Instalaciones de seguridad de rampas 2 .....	36
<b>Figura 7.</b> Open StreetMap Calarcá a Cajamarca.....	42
<b>Figura 8.</b> Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2019.....	47
<b>Figura 9.</b> Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2020.....	49
<b>Figura 10.</b> Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2021.....	53
<b>Figura 11.</b> Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2022 .....	55
<b>Figura 12.</b> Análisis del porcentaje anual de vehículo por año.....	57
<b>Figura 13.</b> Matriz mes año (muertos - Cajamarca) .....	59
<b>Figura 14.</b> Fallecidos por actor vial - Cajamarca .....	60
<b>Figura 15.</b> Histórico en cifras 1 - Cajamarca .....	60
<b>Figura 16.</b> Matriz mes año (lesionados - Cajamarca) .....	61
<b>Figura 17.</b> Lesionados por actor vial - Cajamarca .....	61
<b>Figura 18.</b> Histórico en cifras 2 - Cajamarca .....	62
<b>Figura 19.</b> Matriz mes año (muertos - Calarcá) .....	63
<b>Figura 20.</b> Fallecidos por actor vial - Calarcá .....	64

<b>Figura 21.</b> Histórico en cifras 1 - Calarcá .....	64
<b>Figura 22.</b> Matriz mes año (lesionados - Calarcá).....	65
<b>Figura 23.</b> Lesionados por actor vial - Calarcá .....	65
<b>Figura 24.</b> Histórico en cifras 2 - Calarcá .....	66
<b>Figura 25.</b> Sectores identificados de mayor siniestralidad vial Calarcá - Cajamarca .....	73
<b>Figura 26.</b> Corredor del cruce de la cordillera central, específicamente sobre la vía de descenso del túnel Los Azulejos sentido Calarcá (Quindío) – Cajamarca (Tolima). .....	75
<b>Figura 27.</b> El túnel los venados, que queda sobre el tramo de la línea que conecta a Calarcá con Cajamarca.....	75
<b>Figura 28.</b> Mapa de la vía Calarcá-Cajamarca, mostrando el Túnel de la Línea y sus alrededores.....	77
<b>Figura 29.</b> <i>Túnel Los Azulejos</i> .....	78
<b>Figura 30.</b> <i>Perfil Transversal del túnel Los Azulejos / La Línea</i> .....	78
<b>Figura 31.</b> <i>Entrada y salida del túnel Los Venados / La Línea</i> .....	79
<b>Figura 32.</b> <i>Perfil Transversal del túnel Los Venados / La Línea</i> .....	80
<b>Figura 34.</b> <i>Mapa topográfico de vía Calarcá a Cajamarca</i> .....	83
<b>Figura 35.</b> <i>Mapa geológico vía Calarcá a Cajamarca</i> .....	88
<b>Figura 36.</b> Frecuencia de uso de la vía Calarcá - Cajamarca .....	92
<b>Figura 37.</b> Estado general de la carretera.....	92
<b>Figura 38.</b> Situaciones de tráfico intenso y congestión en la vía.....	93
<b>Figura 39.</b> Tramos más críticos o problemáticos de la vía Calarcá - Cajamarca.....	93



**Figura 40.** Presencia de siniestros viales en la vía Calarcá - Cajamarca ..... 94

**Figura 41.** Nivel de conocimiento sobre la existencia de rampas de frenado de emergencia  
..... 95

**Figura 42.** Efectividad para garantizar la seguridad vial en pendientes pronunciadas... 95

**Lista de anexos**

**Anexo 1.** Respuesta petición de información invias (2023). ..... 107

**Anexo 2.** Formato Encuesta (2024) .....109

## Resumen

La investigación tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica para la construcción de rampas de frenado de emergencia en el tramo que conecta Calarcá-Cajamarca, con el propósito de reducir la tasa de siniestralidad vial. La metodología empleada corresponde a un enfoque mixto, basado en la recopilación de información primaria y secundaria. La información primaria fue obtenida de instituciones como la Agencia Nacional de Seguridad Vial y el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), quienes proporcionaron datos de siniestralidad y características viales del tramo en estudio; además, se revisaron estudios previos y otros documentos para identificar la percepción de los conductores sobre la funcionalidad, seguridad y estética del diseño de la vía. Por otro lado, la información secundaria se recopiló a partir de fuentes de páginas web como *Semana*, *El Tiempo*, *Noticias Caracol*, *Google Maps* y repositorios académicos, para complementar el análisis con datos históricos y características topográficas. Los resultados obtenidos, basados en datos de siniestralidad vial, percepciones de los usuarios y análisis geométricos, evidencian la complejidad de los factores que contribuyen a los siniestros viales en la zona. Finalmente, se presentan recomendaciones específicas para los tramos identificados como prioritarios, considerando tanto las características del terreno como las perspectivas de los usuarios.

**Palabras clave:** *siniestralidad vial, carretera, rampas de frenado, seguridad vial, velocidad.*

### **Abstract**

The research aims to evaluate the technical feasibility for the construction of emergency braking ramps in the section that connects Calarcá-Cajamarca, with the purpose of reducing the accident rate. The methodology used corresponds to a mixed approach, based on the collection of primary and secondary information. The primary information was obtained from institutions such as the Agencia Nacional de Seguridad Vial and the Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), who provided data on accidents and road characteristics of the section under study; in addition, previous studies and other documents were reviewed to identify drivers' perceptions of the functionality, safety and aesthetics of the road design. On the other hand, secondary information was collected from sources on websites such as *Semana*, *El Tiempo*, *Noticias Caracol*, *Google Maps* and academic repositories, to complement the analysis with historical data and topographical characteristics. The results obtained, based on accident data, user perceptions and geometric analyses, show the complexity of the factors that contribute to accidents in the area. Finally, specific recommendations are presented for the sections identified as priorities, considering both the characteristics of the terrain and the perspectives of the users.

**Keywords:** *road accidents, road, braking ramps, road safety, speed*

## Introducción

El desarrollo de la infraestructura vial en Colombia ha presentado en las últimas décadas un notable crecimiento. En vista de la ubicación geográfica del país, al norte de la cordillera de los andes y dividido por tres cadenas montañosas (cordillera oriental, central y occidental), se ha vuelto fundamental abordar los desafíos de conectividad entre distintos departamentos, ciudades y municipios, lo anterior ha llevado a la implementación de estructuras como túneles, puentes y tramos de carretera para optimizar los tiempos de desplazamiento, fortalecer las conexiones entre regiones y fomentar el desarrollo económico y en especial seguras.

A pesar de que Colombia lidera en la región latinoamericana en la construcción de este tipo de infraestructuras, impulsada por tecnologías innovadoras y avances en ingeniería, persisten deficiencias que no fueron contempladas en los diseños originales (Niño-Ruiz et al., 2020). Una de estas carencias críticas se refiere a la falta de medidas eficaces para la mitigación y prevención de siniestros viales en las carreteras, lo cual adquiere una relevancia significativa al considerar que se está comprometiendo la seguridad y vidas de las personas.

La presente monografía, se organiza en varios capítulos que estructuran de manera integral el contenido de la investigación.

En el capítulo I, se presenta el marco referencial donde se identifican los diferentes estudios realizados a nivel nacional e internacional en rampas de emergencias; abarcando antecedentes, un marco teórico, y marco conceptual y geográfico. Este capítulo proporciona una

base sólida que caracteriza el contexto en el que se desarrolla el trabajo, en el capítulo II, se detallan los aspectos metodológicos aplicados en la investigación, incluyendo el diseño y las fases de ejecución. Este apartado ofrece una visión clara de la planificación y ejecución del estudio, proporcionando transparencia en la metodología utilizada. El capítulo III se realiza el análisis y la discusión de los resultados de cada uno de los objetivos planteados. Finalmente, el documento termina con las conclusiones generales y las recomendaciones derivadas de la investigación.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la viabilidad para la construcción de rampas de frenado de emergencia desde un contexto técnico, con el fin de mitigar la tasa de siniestralidad vial en el nuevo tramo de carretera de Calarcá a Cajamarca.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un estudio de siniestralidad vial teniendo en cuenta los tipos de vehículos que transitan comúnmente en la vía.
- Identificar el tramo con mayor siniestralidad vial de conformidad con los índices que se han generado y que mejor se acomode a la topografía.
- Determinar la factibilidad técnica de la implementación de rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá hacia Cajamarca, teniendo en cuenta la adecuación a las condiciones específicas de la carretera y la topografía de la zona.

## Planteamiento del problema

La vía Calarcá - Cajamarca enfrenta una problemática grave asociada a la alta tasa de siniestralidad vial entre los conductores que transitan por esta ruta. Las pendientes pronunciadas de la carretera se han convertido en focos críticos que contribuyen significativamente al incremento de siniestros viales en la zona. En este contexto, es esencial conocer investigaciones detalladas en Colombia que respalden la implementación de medidas preventivas, como las rampas de frenado de emergencia, en áreas de alto riesgo.

Aunque existen experiencias internacionales exitosas en la adopción de estas medidas, no se ha realizado una evaluación exhaustiva de su aplicabilidad y viabilidad en el contexto específico de la vía Calarcá - Cajamarca. Un ejemplo relevante es el caso reportado por [Infobae \(2022\)](#), donde INVIAS acordó la construcción de rampas de frenado en la vía de la línea tras numerosos siniestros viales. Sin embargo, la evaluación geográfica realizada en colaboración con la agencia nacional de seguridad vial, la gobernación de Tolima y la policía de tránsito y transporte de Tolima reveló desafíos significativos.

Después de los siniestros viales registrados en el paso de la cordillera central, en 2022 se llevó a cabo una mesa de trabajo liderada por (INVÍAS) para evaluar la instalación de rampas de frenado en la vía de La Línea, específicamente en el tramo de 9 kilómetros comprendido por túneles y viaductos en el sector del Tolima, hacían inviable la construcción de rampas de frenado, ya que no es posible ensanchar un túnel o construir un viaducto exclusivamente para este propósito. Juan Esteban Gil Echavarría, director de INVÍAS, sugirió alternativas como la

instalación de reductores de velocidad y amortiguadores. Uriel Orjuela Ospina, representante de la veeduría de Armenia, también señaló la necesidad de implementar otras medidas de seguridad vial, ya que las rampas no son posibles, mientras que Luis Felipe Lota, director de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, destacó la importancia de concientizar a los conductores y verificar el estado de los vehículos para reducir los siniestros viales ([Infobae, 2022](#)). Se enfatiza la necesidad de comprender que no se trata solo de instalar sitios para que los vehículos frenen, sino de crear corredores seguros para aislar vehículos sin frenos ([Quintero-Martínez, 2022](#)).

En este escenario, la investigación se propone abordar el contexto colombiano y evaluar la viabilidad de implementar rampas de frenado de emergencia en el tramo Calarcá – Cajamarca. Los objetivos específicos buscan contextualizar la construcción de estas rampas, considerando la ubicación estratégica, el diseño y la capacidad de amortiguación, así como las características topográficas de la carretera. La meta última es contribuir a la reducción de la tasa de siniestralidad vial en la zona.

La seguridad vial es una preocupación global, y Colombia no escapa a esta realidad. La vía debido a su topografía montañosa y pronunciadas pendientes presenta desafíos significativos que se traducen en un aumento de siniestros viales, mayormente atribuibles a la pérdida de control de los vehículos. En este contexto, la implementación de rampas de frenado se presenta como una medida crucial. La investigación considera factores clave como los siniestros viales actuales, la topografía desafiante y las lecciones aprendidas a nivel internacional, configurando así un marco integral para abordar esta compleja problemática.



### **Pregunta de investigación**

¿Es viable técnicamente la implementación de rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá – Cajamarca para minimizar los riesgos de siniestros viales?

### **Justificación**

La vía que conecta los municipios de Calarcá, Quindío, y Cajamarca, Tolima, experimentó una transformación significativa al evolucionar de una calzada de dos carriles en ambos sentidos a una estructura unidireccional, lo cual alivió la congestión vehicular inicial. Al tener una gran demanda de tráfico, se contempló una nueva vía para mitigar estos problemas de movilidad, lo cual permitió que se dejara la vía antigua en un solo sentido, mientras que la nueva vía conecta a Calarcá con Cajamarca, disminuyendo considerablemente los tiempos de desplazamientos en ambos sentidos.

El tramo comprendido entre Calarcá y alto de la línea abarca una extensión de aproximadamente 23.1 kilómetros. Esta región se caracteriza por pendientes longitudinales que alcanzan hasta un 10%, curvas de radio reducido y un relieve montañoso, lo que la convierte en uno de los tramos de ascenso más peligrosos y desafiantes para los vehículos que circulan por esta área ([Invías, 2020](#)).

Asimismo, se destacan similitudes en el tramo que abarca desde alto de la línea hasta Cajamarca, con una longitud aproximada de 23 kilómetros. Esta zona presenta características montañosas, aunque con una menor adversidad en comparación con la sección Calarcá - alto de

la línea. A pesar de esta diferencia, se subraya la importancia de tomar precauciones adicionales y de explorar soluciones que mitiguen el riesgo de siniestros viales en esta área ([Invías, 2020](#)).

Sin embargo, la implementación de la nueva configuración vial, que incluye la ampliación de la vía y la construcción de túneles y viaductos para mejorar la conectividad entre Calarcá y Cajamarca, ha dado lugar a un aumento alarmante en los índices de siniestralidad vial, especialmente en la nueva vía caracterizada por pendientes pronunciadas. La presente investigación se fundamenta en evaluar la viabilidad para la construcción de rampas de frenado de emergencia desde un contexto técnico, con el fin de mitigar la tasa de siniestralidad vial en el nuevo tramo de carretera de Calarcá a Cajamarca.

La tasa de siniestralidad vial en Colombia presenta cifras preocupantes, con 274 siniestros viales por cada 100,000 habitantes, según el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. En la región de Calarcá hacia Cajamarca, la topografía montañosa, las pendientes pronunciadas y otros factores geológicos crean condiciones propicias para siniestros viales y pérdida de control vehicular ([Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2022](#)). La ubicación geográfica, las altitudes variables y la pluviosidad en ambos municipios contribuyen a la complejidad de la situación, creando un entorno propenso a desafíos en la movilidad y seguridad vial ([Ministerio de Transporte, 2021](#)).

Los informes locales indican un incremento del 10% en los siniestros viales en Colombia, y Quindío, como zona montañosa, figura entre las áreas de mayor preocupación en la tasa de siniestros viales a nivel nacional, según Luis Felipe Lota, el director de la agencia nacional de

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes de seguridad, estos siniestros viales se atribuyen a diversas causas, como el exceso de velocidad, el consumo de alcohol y la falta de cumplimiento de las normas de tránsito [Infobae \(2022\)](#).

A nivel internacional, la [Federal Motor Carrier Safety Administration \(2022\)](#) señala que las rampas de frenado de emergencia en carreteras montañosas han demostrado ser una medida efectiva para reducir siniestros viales. En estados unidos, estas rampas ofrecen a los conductores un espacio seguro para detenerse en caso de problemas con el vehículo o dificultades al transitar por terrenos empinados. La elección y diseño de las rampas de frenado son cruciales para su efectividad. La investigación se enfoca en evaluar la viabilidad para la construcción de rampas de frenado de emergencia en el tramo de carretera entre Calarcá y Cajamarca. Se busca adaptar la experiencia internacional en la implementación de estas infraestructuras a la realidad geográfica y normativa de Colombia, con el objetivo de ofrecer una solución integral que ayude a controlar y reducir la tasa de siniestralidad vial en este tramo específico y en otras áreas de topografía montañosa en el país.

## Capítulo I: Marco referencial

### 1.1 Antecedentes investigativos

Como *antecedente internacional*, se destacan investigaciones que han evidenciado la implementación exitosa de rampas de frenado en carreteras montañosas en países como estados unidos, Canadá y Australia. Un caso ejemplar es la “rampa de frenado de camiones de Monteagle Mountain” en Tennessee, EE.UU., específicamente diseñada para vehículos que experimentan pérdida de control y requieren detenerse ([Federal Motor Carrier Safety Administration, 2022](#)).

En una investigación liderada por [Glennon \(2022\)](#), que analiza detalladamente la infraestructura vial, se centra en la montaña de Monteagle, ubicada en las montañas Apalaches de Tennessee, aproximadamente a 121 kilómetros al este de Nashville. En este contexto, la vía incorpora un área de inspección obligatoria para camiones, donde se despliegan carteles informativos sobre la pendiente. Los camiones deben detenerse en una señal de medición de tráfico antes de ingresar a la interestatal.

La carretera interestatal I-24 presenta un descenso vertical de 35 centímetros en una distancia de 6.6 kilómetros, con una pendiente de descenso del 6% durante 7.2 kilómetros. Notablemente, las rampas para camiones fuera de control se sitúan en el lado izquierdo de la carretera. Este caso ilustra de manera concluyente la eficacia y relevancia de las rampas de frenado en contextos análogos a los abordados en la presente investigación ([Glennon, 2022](#)).

**Figura 1.**

*Señal de información en la montaña de Monteagle*



*Nota.* La figura 1 indica la velocidad recomendada según el peso del vehículo y la presencia de rampas de frenado para camiones sin control en Monteagle. Estas señales buscan advertir a los conductores sobre las pendientes pronunciadas y proporcionar instrucciones para un descenso seguro, destacando la ubicación de las rampas de emergencia y las estaciones de inspección de camiones. Tomado del artículo de Crash Forensics de [Glennon \(2022\)](#).

Por otra parte, un estudio crucial realizado por el [Ministerio de Obras Públicas de Chile \(2017\)](#), el cual aborda detalladamente los costos y beneficios asociados con la implementación de rampas de frenado, centrándose en lograr eficiencia en la seguridad vial. Este análisis resulta de vital importancia para la evaluación de la viabilidad en la zona de Calarcá - Cajamarca, ya que proporciona información integral sobre los beneficios potenciales de estas medidas de prevención en carreteras montañosas. Además, aborda aspectos críticos como los costos de construcción, los impactos ambientales, la reducción de siniestros viales y la consideración de mejores prácticas basadas en experiencias similares en otras regiones.

**Figura 2.**  
*Rampas de frenado chile*



*Nota.* La figura 2 es una vista del tramo vial en una carretera de Chile, caracterizado por múltiples curvas cerradas en descenso pronunciado. En este tipo de rutas se implementan rampas de frenado de emergencia para vehículos pesados que pierden el control debido a fallas en el sistema de frenos. Estas rampas son esenciales para garantizar la seguridad en carreteras de alta pendiente y evitar siniestros viales graves. Fotografía tomada del blog [¿Cómo es la frontera entre Argentina y Chile?](#) De [M.D \(2012\)](#).

Existen diversos tipos de rampas que se utilizan según la especificidad del proyecto en cuestión. [Falcón-Veloz \(2019\)](#) proporciona orientación sobre estas especificaciones, señalando que para vías planas y de poca pendiente se emplea el hombrillo<sup>1</sup>, mientras que en autopistas con alta circulación vehicular se opta por las rampas de frenado en zonas laterales deforestadas. En áreas donde se observa diversidad de flores y arena, estas se utilizan como disipadores,

---

<sup>1</sup> Franja de terreno pavimentada o no pavimentada que se encuentra al costado de una carretera o autopista. Este espacio se utiliza principalmente para situaciones de emergencia, como detener un vehículo en caso de avería, permitir el paso de vehículos de emergencia, o simplemente como un área de seguridad adicional para los conductores.

especialmente en islas. Para lugares que requieren un frenado adicional, se consideran las rampas de frenado diseñadas para vías planas o de poca pendiente.

Las rampas de frenado subterráneas dentro de túneles son una opción para detener vehículos en emergencia sin afectar la infraestructura exterior. Estas rampas pueden tener acceso vertical o una pendiente moderada, adaptándose a la estructura del túnel. Su principal ventaja es el aprovechamiento del espacio interno, pero presentan desafíos importantes como la falta de espacio, la complejidad estructural, y posibles problemas de ventilación y circulación en situaciones de emergencia.

Por otro lado, en los viaductos, las rampas de frenado se diseñan con pendientes suaves para permitir una detención segura. Estas estructuras pueden estar al nivel del suelo o ligeramente elevadas, según la altura del viaducto. Aunque son efectivas para aprovechar la geometría del terreno y proporcionar una vía de escape, su construcción puede ser técnicamente complicada y costosa, especialmente en viaductos altos, y podrían no ser suficientes en condiciones extremas.

En zonas con topografía sinuosa<sup>2</sup>, carreteras con muchas curvas y pendientes pronunciadas, se toma como ejemplo las carreteras alpinas de Austria. Estas, caracterizadas por pendientes pronunciadas, representan un desafío considerable para los conductores, en especial

---

<sup>2</sup> Terreno que presenta muchas curvas, giros y ondulaciones. Este tipo de topografía no es plana y tiende a tener una forma irregular con elevaciones y depresiones constantes. Las áreas con topografía sinuosa pueden incluir colinas, valles, y laderas, y son comunes en regiones montañosas o con características geológicas variadas.

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

los de vehículos más grandes. Aquí, las rampas de frenado de escape, utilizadas en contrapendiente, convierten la energía cinética en energía potencial gravitacional, permitiendo así reducir o detener de manera efectiva los vehículos.

Finalmente, en el estado de morelos, México, se llevó a cabo un proyecto significativo de rampas de frenado de emergencia en la carretera Cuernavaca-Cuatlixco, tramo yautepec - Jiutepec. Este proyecto, abordó la necesidad de implementar un sistema de seguridad vial debido a los constantes siniestros viales en la zona. El estudio reveló resultados significativos en cuanto a las velocidades de los diferentes tipos de vehículos, destacando la dificultad de controlar la energía cinética en vehículos de mayores dimensiones ([Bahena-Castillo, 2019](#)). Estos datos respaldan la viabilidad de implementar un sistema de frenado adecuado en las vías para mejorar la seguridad vial.

**Figura 3.**

*Rampas de frenado en la carretera Cuernavaca – Cuatlixco*





*Nota.* La figura 3 muestra el área proyectada de la rampa de frenado en el tramo tramo yautepec - jiutepec. Tomada del proyecto para la construcción de rampas de frenado en el km 19+000, en el estado de Morelos de [Bahena-Castillo \(2019\)](#).

En conjunto, estos estudios proporcionan una base sólida para comprender la vital importancia de contar con medidas preventivas de siniestros viales. Las rampas de frenado no solo posibilitan el control efectivo de la velocidad de los vehículos, sino que también previenen situaciones peligrosas, desempeñando así un papel fundamental en la preservación de la vida tanto de los conductores como de los pasajeros. Es esencial destacar que estas medidas no solo pueden marcar una diferencia significativa, sino que también deben abordarse de manera integral.

La implementación de rampas de emergencia no debe considerarse de manera aislada; es imperativo tomar en cuenta los hallazgos y experiencias acumulados, como los derivados de la “ruta de la montaña” en Chile. Se deben adoptar medidas adicionales, tales como señalizaciones adecuadas, mantenimiento eficiente y un enfoque proactivo en la educación vial. Para la vía Calarcá - Cajamarca, esta integración de enfoques se presenta como una solución efectiva y completa.

Tras analizar diversas investigaciones, se evidencia que los resultados han sido consistentemente favorables en relación con la implementación de rampas de frenado. Estos estudios convergen en la idea de que el propósito fundamental de estos proyectos es resguardar la vida de las personas y prevenir siniestros viales de manera efectiva. Las rampas de frenado, concebidas como tramos de alejamiento de la vía principal, complementadas con disipadores de

energía, demuestran su capacidad para reducir considerablemente la velocidad de los vehículos, culminando en su frenado seguro.

En el contexto nacional *“el Plan Nacional de Seguridad Vial 2022-2031 busca reducir los índices de siniestralidad vial en Colombia, promoviendo una cultura de seguridad vial en todos los actores, mejorando la infraestructura vial”*, la cual las vías se deben realizar a partir de auditorías o inspecciones viales generando alternativas de solución para minimizar los siniestros en una vía como lechos de frenado en zonas de alta pendiente.

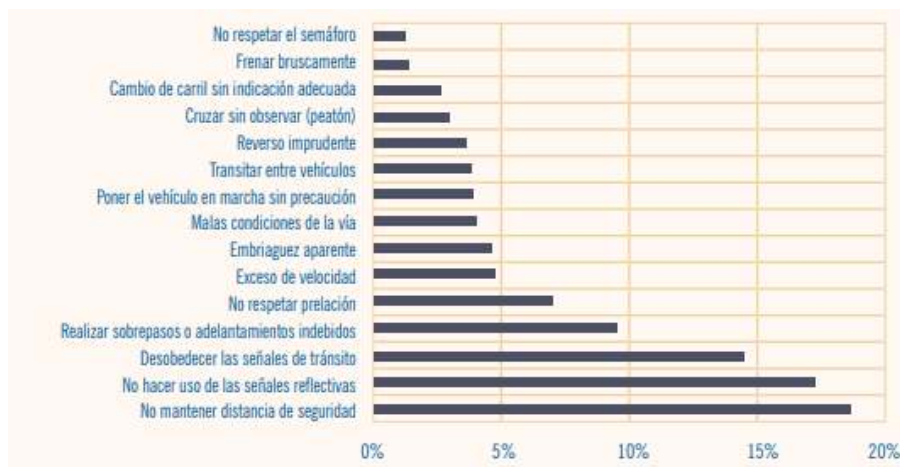
Así mismo, el Código Nacional de Tránsito Terrestre de Colombia establece las directrices para la regulación de la seguridad vial, incluyendo normas específicas sobre señalización y medidas de seguridad para tramos de alta siniestralidad vial. Aunque esta normativa no menciona directamente la implementación de rampas de frenado de emergencia, sí proporciona el marco regulatorio necesario para adoptar medidas que garanticen la seguridad de los usuarios en tramos con pendientes pronunciadas y condiciones adversas, como es el caso del corredor Calarcá-Cajamarca ([Secretaría de movilidad, 2002](#)).

Según el [Ministerio de Transporte \(2022\)](#), un porcentaje considerable de la población colombiana no percibe el riesgo asociado a conducir a altas velocidades, lo cual contribuye significativamente a la alta tasa de siniestralidad vial en carreteras montañosas como la vía Calarcá-Cajamarca. En este contexto, la implementación de rampas de frenado de emergencia se presenta como una medida crucial para mitigar estos riesgos. Aunque el Código Nacional de Tránsito Terrestre de Colombia no menciona específicamente la construcción de rampas de frenado de emergencia, establece un marco regulatorio que permite la adopción de medidas de

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

seguridad adicionales en tramos con alta siniestralidad vial y pendientes pronunciadas. Por tanto, esta investigación busca evaluar la viabilidad de implementar estas rampas, adaptando experiencias internacionales a la realidad colombiana, para ofrecer una solución efectiva que reduzca el número de siniestros viales en corredores con condiciones similares.

**Figura 4.**  
*Causas de accidentes de tránsito*



*Nota.* El gráfico anterior (figura 4) muestra las principales causas de infracciones de tránsito. Entre los comportamientos más frecuentes se encuentran no mantener la distancia de seguridad, no hacer uso de las señales reflectivas, desobedecer las señales de tránsito y realizar sobrepasos indebidos, todos los cuales contribuyen significativamente al riesgo de siniestros viales en las vías. Tomado del Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2011-2021 del [Ministerio de Transporte \(2022\)](#).

En una investigación llevada a cabo por [Cobeñas-Silva \(2013\)](#) se exploran diversas estrategias destinadas a mejorar la seguridad vial y reducir los siniestros viales en las vías principales y de mayor complejidad. La investigación resalta la falta de un sistema adecuado de contención, despeje y espacios libres en estas zonas, ya que la mayoría de estos espacios se encuentran saturados con elementos sólidos como anuncios publicitarios. [Cobeñas-Silva \(2013\)](#)

concluye que la adopción de normas extranjeras, que incluyan la implementación de rampas de frenado, sería fundamental para lograr la reducción de velocidades y, por ende, la disminución de siniestros viales en Colombia.

## **1.2 Marco teórico**

En el presente marco teórico se exploran las bases conceptuales y los factores de riesgo relacionados con este tramo, ubicado en la cordillera central y atravesando el túnel de la línea. A lo largo de esta sección, se examinan aspectos como los tipos de zonas de frenado, la clasificación de las rampas de frenado, las consideraciones de diseño, ubicación y elementos relevantes, contribuyendo al análisis para mejorar la seguridad vial en esta área.

### **1.2.1 Rampas de frenado de emergencia**

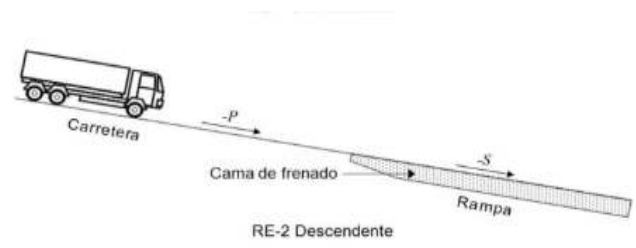

Las rampas de frenado de emergencia, instaladas en los laterales de la carretera, tienen como objetivo controlar y detener vehículos en descensos prolongados, especialmente aquellos con problemas en el sistema de frenado. Estas franjas auxiliares, fabricadas con materiales resistentes, se ubican estratégicamente a lo largo de la vía para ofrecer una solución vital en situaciones críticas. Además, la seguridad vial no solo se limita a elementos convencionales como semáforos y señalamientos, sino también a dispositivos que guíen las condiciones del camino para un tránsito seguro. Se resalta la importancia de colocar estas rampas en puntos de

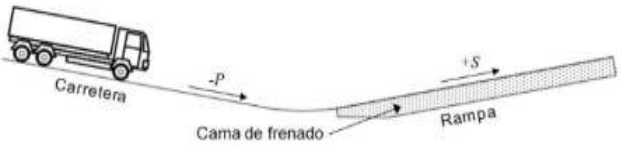
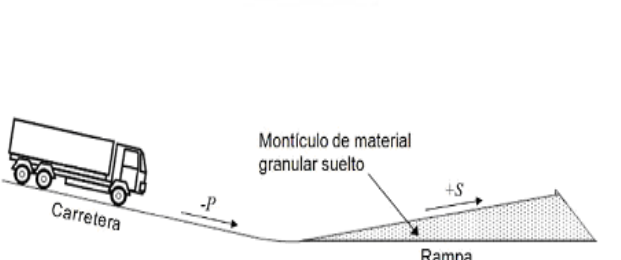
pendiente crítica, interceptando vehículos fuera de control antes de llegar a áreas propensas a siniestros viales o fallos en los frenos [Gobierno de México \(2022\)](#).

### 1.2.2 Clasificación de rampas de emergencia

La estructura de estas rampas puede variar dependiendo del espacio disponible, las situaciones específicas, los tipos de vehículos que transitan por la zona y los factores ambientales que deben tenerse en cuenta. Algunos factores importantes por considerar al diseñar estas rampas son: pendiente, longitud, material de construcción, ubicación estratégica, señalización adecuada.

**Tabla 1.**  
*Clasificación de rampas de emergencia*

Clasificación	Imagen
<p><b>Descendente</b></p> <p>La cama de frenado tiene un espesor uniforme en pendiente longitudinal descendiente, son de mayor longitud y su característica depende del material granular y velocidad del vehículo.</p> <p>La acción de detención se limita al aumento de la resistencia a la rodadura y debido a que la acción de la gravedad tiene un efecto acelerador estas rampas son de longitud mayor dependiendo de la magnitud de su pendiente descendente.</p>	 <p>RE-2 Descendente</p>
<p><b>Horizontal</b></p> <p>La cama de frenado es uniforme, no cuentan con pendiente longitudinal y la detención se debe al aumento de resistencia de rodadura, estas normalmente son largas y dependen del material y de la velocidad del vehículo.</p>	 <p>RE-3 Horizontal</p>

Clasificación	Imagen
<p><b>Ascendente</b> La cama de frenado tiene pendiente longitudinal ascendente, se toma en cuenta la gravedad y la resistencia de rodadura.</p>	 <p>RE-4 Ascendente</p>
<p><b>Con montículo</b> Tienen una cama de frenado formada por un montículo de material granular suelto y seco con pendiente ascendente y espesor creciente. Este funciona como disipador de energía para disminuir y detener la carrera de los vehículos sin frenos por la resistencia a la rodadura de las llantas, la acción de la gravedad por la pendiente longitudinal ascendente del montículo y eventualmente por la fricción entre el material granular y algunas partes del vehículo.</p>	 <p>RE-1 Con Montículo</p>

*Nota.* La tabla 1 muestra la clasificación de las rampas de frenado según su diseño y funcionamiento. Este análisis es adaptado del artículo del blog “¿Qué es una Rampa de frenado?” de [García-Lara \(2021\)](#) y describe cómo factores como la pendiente, el material de la cama de frenado y la resistencia a la rodadura influyen en la efectividad de la detención.

### 1.2.3 Tipos de zona de frenado de emergencia

Existen diferentes tipos de zonas de frenado las cuales se clasifican en superficie de detención, zona de detención por gravedad, zona de detención de área apilada y superficie mecánica de detención.

**Tabla 2.**

*Tipos de zona de frenado de emergencia*

Zona	Detalle
Superficie de detención	Esta zona de frenado se construye con una inclinación descendente situada siempre al lado derecho de la vía. Esta zona tiene gravilla con el objetivo de

	ofrecer una suficiente resistencia a la rodadura del automóvil y así lograr su detención.
Zona de detención por gravedad	Las zonas de detención por gravedad deben ser implementadas en vías de mayor longitud por lo que estas zonas son largas y de gran tamaño.
Zona de detención de área apilada	Se implementan en estas zonas colinas de área suelta contra la cual utilizan los vehículos para frenar, sin embargo, el clima puede afectar en parte las propiedades de la arena, por ende, los vehículos pueden quedar enterrados en los montículos de arena utilizados como rampa de frenado.
Superficie mecánica de detención	Este tipo de zona es la más sofisticada, pues la superficie de detención consiste en un sistema de redes transversales elaboradas con acero inoxidable que se extiende sobre la rampa asfaltada. Se pueden ubicar en rampas descendentes o ascendentes.

*Nota.* La tabla 2 muestra la clasificación de las zonas de frenado de emergencia según su diseño y funcionamiento. Esta información está adaptada del blog “Las zonas de frenado de emergencia: instrucciones de uso” de [Blog Motor Mapfre \(2019\)](#).

#### 1.2.4 Consideraciones de diseño

En el diseño de una rampa de frenado, la prioridad principal es preservar la vida del conductor y sus acompañantes ([Regalado-Cajamarca & Salazar-Cabrera, 2021](#)). Estas rampas de frenado de emergencia se destinan a que el conductor pueda realizar las maniobras necesarias para ingresar a este espacio de manera segura, proporcionando confianza al conductor durante el reingreso a la vía ([Cotton De León, 2016](#)).

A) Las rampas deben ser claramente visibles para evitar la percepción de discontinuidades. B) El acceso a la rampa debe ser amplio y suficiente para alojar la cama de frenado y el camino de servicio. C) El ángulo de entrada a cada rampa respecto al eje de la carretera debe ser de cinco grados (5°) como máximo con el fin de asegurar la estabilidad del vehículo. D) La longitud de la cama de frente de cada rampa será la suficiente para disipar la energía cinética del vehículo que usa la rampa. E) Tendrá un camino de servicio para el mantenimiento ([Regalado-Cajamarca & Salazar-Cabrera, 2021](#)).

### **1.2.5 Ubicación de las rampas de frenado**

Las rampas de frenado de emergencia deben ser ubicadas en aquellos tramos en los que exista una alta probabilidad de que, por efecto de un alineamiento vertical descendente, los vehículos con los frenos dañados puedan acelerarse a velocidades mayores que las toleradas por alineamiento horizontal, es decir, hasta 140 km/h (kilómetros por hora) ([Regalado-Cajamarca & Salazar-Cabrera, 2021](#)). Aspectos para tener en cuenta:

- a) Las rampas para frenado de emergencia se ubicarán antes de los sitios que por sus características geométricas pudieran poner en riesgo al vehículo fuera de control.
- b) No se ubicarán rampas de emergencia al lado izquierdo de tramo de la carretera con pendiente descendente para evitar que los vehículos fuera de control crucen el o los carriles de sentido opuesto.

### **1.2.6 Características para una correcta planificación de rampas de frenado**

Las rampas de frenado de emergencia están determinadas por su ubicación, geometría, materiales para su construcción, al igual que se tienen que definir las señalizaciones, seguridad e iluminación, según la compatibilidad de la topografía se puede lograr establecer las características para una correcta planificación ([Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez, 2020](#)).



Estas características pueden lograr la promoción de comunidades seguras y un tratamiento seguro en los factores que inducen a la siniestralidad vial en las zonas montañosas o con alto grado de pendientes en su topografía ([Amaris-Pastrana & Mayorga-Rincón, 2008](#)). Igualmente, la prevención vial se regula si al momento de implementar sistemas como las rampas de frenado de emergencia enfatizan sus características al momento del diseño del proyecto ([Contraloría General de la República, 2018](#)).

- **Caracterización geométrica:** la geométrica se relacionan con el ancho, la longitud y el espesor de la cama de frenado; el ancho de las rampas de frenado debe facilitar el ingreso de vehículos y contener el espacio suficiente para maniobrar y facilitar el frenado del mismo; la longitud considera factores como la longitud de pavimentado, con el fin de alojar la curva y pasar de la carretera a la cama de frenado; el espesor de la cama de frenado, en donde el tipo de rampa y la pendiente de prolongación hacen parte de la búsqueda correcta del espesor ([Bahena-Castillo, 2019](#)).
- **Ubicación óptima y geometría básica:** se encuentran diferentes factores que se consideran necesarios para el correcto diseño de las rampas de frenado, las condiciones hidrogeológicas del terreno, el volumen del tráfico de la zona, la ventilación y el alineamiento de las vías ([Amaris-Pastrana & Mayorga-Rincón, 2008](#)).
- **Alineamiento longitudinal:** la construcción de rampas de emergencia se justifica por dos motivos clave: prevenir el efecto de aceleración de vehículos con fallas mecánicas a velocidades superiores a 140 km/h y abordar la constante incidencia de siniestros viales en la zona. La longitud de la rampa, crucial para detener los vehículos, es un

factor determinante, ya que su incorrecta definición aumentaría el riesgo de siniestros viales ([Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez, 2020](#)).

### 1.2.7 Ventilación de túneles

La ventilación de túneles es un aspecto crucial en el diseño y construcción de rampas de frenado de emergencia en corredores con infraestructura compleja, como la vía Calarcá-Cajamarca. Según lo señalado por [Amaris-Pastrana y Mayorga-Rincón \(2008\)](#), los sistemas de ventilación juegan un papel esencial para garantizar la seguridad de los usuarios y facilitar el adecuado funcionamiento de las rampas de frenado dentro de túneles o cerca de ellos, ya que el movimiento seguro de aire es necesario para mantener visibilidad, controlar la acumulación de gases tóxicos, y asegurar condiciones óptimas para vehículos que utilizan las rampas en situaciones de emergencia. Los tipos de ventilación incluyen:

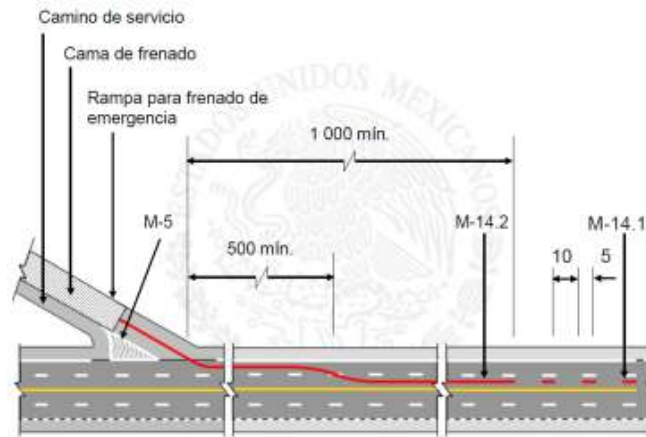
- **Ventilación transversal pura:** cuando se utiliza el termino transversal, hace referencia al movimiento del flujo de aire, ya que fluctúa a lo largo del eje longitudinal, es decir de un lado a otro. Es la ventilación más segura en los túneles.
- **Ventilación semi transversal:** el aire fresco se introduce de forma perpendicular en medio de los vehículos, mientras se extrae el aire en la misma dirección en la que corre la corriente en el túnel, el aire limpio ingresa por un conducto que se encuentra encima del espacio donde se transportan los vehículos.

- **Ventilación pseudo transversal:** tiene un objetivo principal, optimizar costos de inversión, es muy parecido a la ventilación anterior, la diferencia se encuentra en que este método tiene una extracción del aire viciado de manera parcial.
- **Ventilación longitudinal:** el aire ingresa por una boca del túnel y es expulsado por el lado contrario, se comprende de un conjunto de ventiladores que aspiran el aire de un lado y lo expulsan por el otro con mucha velocidad.
- **Ventilación natural:** este tipo de ventilación natural se origina por diversas condiciones de los túneles, aspectos meteorológicos, la influencia de los vehículos y el viento.

### 1.2.8 Instalaciones de seguridad

Las instalaciones de seguridad de rampas de frenado requieren consideraciones específicas para garantizar la seguridad y eficacia de estas estructuras; señalización adecuada, marcas en la carretera, zona de aproximación superficie de la rampa, señales luminosas, áreas de escape, mantenimiento ([Amaris-Pastrana & Mayorga-Rincón, 2008](#)), tal como se señala a continuación:

**Figura 5.**  
*Instalaciones de seguridad de rampas 1*



*Nota.* La figura 5 muestra la ubicación de la rampa junto al camino principal, la cama de frenado con una inclinación adecuada para detener vehículos sin control, y los parámetros mínimos de distancia requeridos, como el ancho del camino de servicio y las zonas de señalización. Estos elementos son fundamentales para garantizar la efectividad y seguridad de la rampa en situaciones de emergencia. Adaptado del trabajo de grado de [Amaris-Pastrana & Mayorga-Rincón \(2008\)](#).

**Figura 6.**  
*Instalaciones de seguridad de rampas 2*



*Nota.* La figura 6 muestra la señalización utilizada para rampas de frenado de emergencia, indicando advertencias y direcciones para conductores. Estas señales alertan sobre la proximidad de una rampa, instruyen a los vehículos sin frenos a seguir indicaciones específicas, y promueven la seguridad vial al ceder el paso y verificar el estado de los frenos antes de continuar. Adaptado del trabajo de grado de [Amaris-Pastrana & Mayorga-Rincón \(2008\)](#).

### **1.3 Marco conceptual**

El presente marco conceptual sirve como una guía fundamental en la recopilación y análisis de conceptos clave que respaldan la propuesta en cuestión.

#### **1.3.1 Categorización de la red vial nacional**

En cumplimiento de la ley 1228, el [Ministerio de transporte de la república de Colombia \(2008\)](#) cumple con la reordenación del sistema nacional de carreteras de todo el país y que estén relacionada con la administración de la nación, esto quiere decir toda vía nacional, departamental y municipal que correspondan al territorio colombiano incluyendo distritos especiales. La categorización de las vías nacionales desempeña un papel importante en la orientación e identificación de las arterias del país; las vías troncales son carreteras que tienen una dirección predominante sur-norte y conectan las fronteras internacionales con los puertos del Atlántico o con otras fronteras internacionales. Las vías transversales, por otro lado, se dirigen de occidente a oriente, conectando las troncales entre sí y comunicando con países limítrofes o puertos internacionales cuando el volumen de tránsito lo justifica ([Ministerio de transporte de la república de Colombia, 2008](#)).

**Tabla 3.**

*Criterios para categorización de las vías de la red vial nacional*

Categoría	Funcionalidad	Transito promedio diario		Diseño geométrico	Población
		Límite inferior	Límite superior		
<b>Ponderación</b>	<b>40</b>	<b>20</b>		<b>20</b>	<b>20</b>
<b>1</b> Vías de primer orden	Permite la comunicación a nivel nacional, conectando capitales de departamento, fronteras, puertos y zonas de construcción.	700veh/día	$\geq 700$ veh/día	Calzada doble Calzada sencilla $\geq a$ 7,30 m	Población de capitales de departamento, pasos de frontera y puertos
<b>2</b> Vías de segundo orden	Permite la comunicación entre dos o más municipios o con una vía de primer orden.	150veh/día	$< 700$ veh/día	Calzada sencilla $< a$ 7,30 m	Cabeceras municipales con más de 15.000 habitantes
<b>3</b> Vías de tercer orden	Permite la comunicación entre dos o más veredas de un municipio o con una vía de segundo orden.	$\geq 1$ veh/día	$< 150$ veh/día	Calzada sencilla $\leq a$ 6,00 m	Cabeceras municipales con menos de 15.000 habitantes

*Nota.* La tabla 3 describe la clasificación de las vías según su categoría, funcionalidad, tránsito promedio diario, diseño geométrico y la población atendida. Adaptada de [Ministerio de transporte de la república de Colombia \(2008\)](#).

Según el informe de Mintransporte, se determina la funcionalidad de la vía para luego categorizar de que se trata o su funcionalidad, en la tabla 3 se observa que las vías de primer orden conectan capitales de departamento, fronteras y puertos, con un tránsito superior a 700 vehículos/día y un diseño de calzada doble. Las vías de segundo orden conectan municipios entre sí o con vías de primer orden, atendiendo un tránsito entre 150 y 700 vehículos/día, con una calzada sencilla. Las vías de tercer orden conectan veredas o se vinculan con vías de segundo

orden, atendiendo un tránsito menor a 150 vehículos/día y con una calzada sencilla de hasta 6 metros.

### 1.3.2 Registro nacional automotor

El [Ministerio de transporte de Colombia \(2004\)](#) realizó la denominación de los vehículos que pueden transitar en la zona de Calarcá a Cajamarca y que según las leyes vigentes se tienen establecidos.

**Tabla 4.**  
*Clases de vehículos que transitan en Calarcá a Cajamarca*

<b>Clases de vehículo</b>	<b>Definición</b>
Automóvil	Vehículo automotor destinado al transporte de no más de cinco (5) pasajeros.
Bus	Vehículo automotor destinado al transporte de personas y sus equipajes, debidamente registrado conforme a las normas y características especiales vigentes, con capacidad de más de 30 pasajeros.
Buseta	Vehículo automotor destinado al transporte de personas y sus equipajes con capacidad de 20 a 30 pasajeros y distancia entre ejes inferiores a 4 metros.
Camión	Vehículo automotor que por su tamaño y destinación se usa para transportar carga, con peso bruto vehicular del fabricante superior a 5 (cinco) toneladas.
Camioneta	Vehículo automotor destinado al transporte de pasajeros y/o carga con capacidad de no más de nueve (9) pasajeros y hasta 5 (cinco) toneladas de peso bruto vehicular del fabricante.
Campero	Vehículo automotor con tracción en todas sus ruedas, con capacidad hasta de nueve (9) pasajeros o tres cuartos (3/4) de tonelada.
Camión tractor	Vehículo automotor destinado para arrastrar uno o varios semirremolques o remolques, equipado con acople adecuado para tal fin.
Cuatrimoto	Vehículo automotor de cuatro (4) ruedas con componentes mecánicos de motocicleta, para transporte de personas o mercancías con capacidad de carga de hasta setecientos setenta (770) kilogramos.
Microbús	Vehículo destinado al transporte de personas con capacidad de 10 a 19 pasajeros.
Motocarro	Vehículo automotor de tres ruedas con estabilidad propia con componentes mecánicos de motocicleta, para el transporte de personas o mercancías con capacidad útil hasta 770 kilogramos.
Motocicleta	Vehículo automotor de dos ruedas en línea, con capacidad para el conductor y un acompañante.

Volqueta	Automotor destinado principalmente al transporte de materiales de construcción, provisto de una caja que se puede vaciar por giro transversal o vertical sobre uno o más ejes.
Vehículos de carga	Vehículo automotor que por su tamaño y destinación se usa para transportar carga.

*Nota.* La tabla 4 clasifica los tipos de vehículos según su definición y capacidad. Incluye categorías como automóviles, buses, camiones, motocicletas, y volquetas, cada uno especificado por su función, capacidad de pasajeros o carga, y características técnicas, lo cual es fundamental para la regulación y planificación del tránsito. Adaptada de [Ministerio de transporte de Colombia \(2004\)](#).

### 1.3.3 Vehículos con mayor índice de siniestralidad vial en la vía Calarcá hacia Cajamarca.

Los vehículos de carga, especialmente tractomulas y volquetas, presentan la tasa más elevada de siniestralidad vial en el tramo Calarcá - Cajamarca. Varios informes sugieren que los siniestros viales se originan por las dificultades en las maniobras durante los descensos en la vía de la línea, así como la pérdida de control del vehículo y fallos en los sistemas de frenado. Este organismo señala que los siniestros viales en esta ruta comparten factores similares, destacando la necesidad de estudiar aspectos específicos para abordar eficazmente esta problemática ([Ministerio de transporte de la república de Colombia, 2023](#)).

#### Tabla 5.

*Factores asociados a los siniestros viales en el tramo Calarcá - Cajamarca*

Factores	Aspectos
El vehículo	Falta de mantenimiento vehicular Fallas en el sistema eléctrico Desgaste de llantas Frenos defectuosos en vehículos pesados
El conductor	Exceso de velocidad Cansancio Falta de atención al camino y al tránsito No ceder el paso Violación a la leyes del tránsito Poca familiaridad con las condiciones de la vía Manejar en estado de ebriedad, uso de celulares u otras distracciones



<b>Factores</b>	<b>Aspectos</b>
La vía	Distancia de visibilidad de parada Las condiciones y la calidad de la vía El pavimento Cunetas Intersecciones sistemas de control del tránsito Iluminación
El medio ambiente	Cambios climáticos

*Nota.* La tabla 5 contiene los factores que contribuyen a la siniestralidad vial, como problemas del vehículo, comportamiento del conductor, condiciones de la vía, y factores ambientales, incluyendo mantenimiento insuficiente, exceso de velocidad, calidad del pavimento e iluminación. Adaptado de *accidentes de tránsito en túnel de la línea 2023* del [Ministerio de transporte de la república de Colombia \(2023\)](#).

#### 1.4 Marco geográfico

En base a la información obtenida por [Invías \(2020\)](#), el cruce de la cordillera central se encuentra entre Calarcá Quindío y Cajamarca Tolima, en este tramo se encuentra el sistema del túnel de la línea, conformado por 31 puentes correspondientes geográficamente al departamento del Quindío y 16 más ubicado en el Tolima; además, cuentan con 25 túneles adicionales al túnel de la línea y el túnel de rescate, ubicados de la siguiente forma, 8 en el Quindío y 15 en el Tolima. El túnel de rescate cuenta con una extensión de 8,65 kilómetros unidireccional, situado a 2.400 metros sobre el nivel del mar; el túnel de la línea se encuentra a 3.300 metros sobre el nivel del mar.

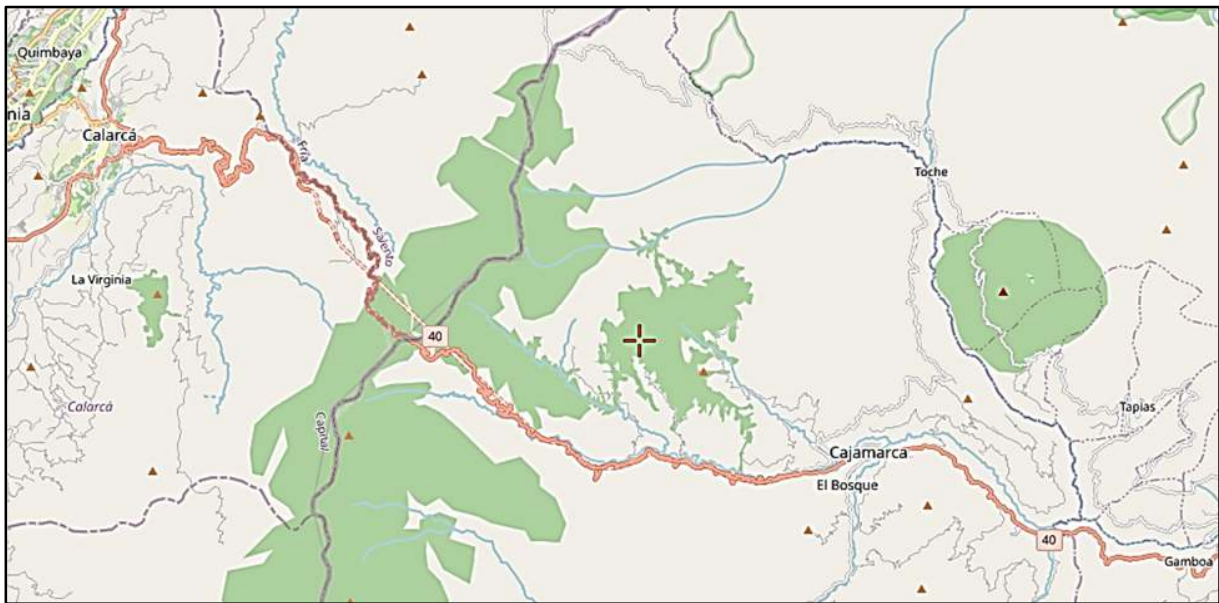
**Tabla 6.**  
*Características de túnel de la línea*

<b>Característica</b>	<b>Detalle</b>
Normatividad	Nfpa 502; p.i.a.r.c.
Ventilación	Tipo transversal por medio de pozos de ventilación
Obras de drenaje	Sistema separado de recolección de agua
Nichos para parqueo de emergencia	Espaciamiento máximo de 1000 m.

Nichos de auxilio	Situados a un lado en la pared del túnel; espaciados máximos de 250 m; deben contener teléfono, extintores.
Nichos contra incendio	No debe exceder un espaciamiento de 125 m, ubicados en la misma abscisa de los nichos de auxilio, equipados con elementos para combatir el fuego
Mecanismos de control de trafico	Semáforos, señales de velocidad variable, señales de desvío y carril cerrado, avisos alfanuméricos
Circuito cerrado de televisión	Cámaras, monitores, equipos de video grabación, consola de control, matriz de conexión, sistemas de altavoces

*Nota.* La tabla 6 contiene las características y especificaciones para la seguridad y operación en túneles, que incluyen normativas (NFPA 502, PIARC), ventilación transversal, sistemas de drenaje, nichos para emergencias, mecanismos de control de tráfico, y monitoreo por circuito cerrado de televisión, diseñados para garantizar la seguridad de los usuarios y la eficiencia del tránsito en situaciones críticas. Adaptado de [Invías \(2020\)](#).

**Figura 7.**  
*Open StreetMap Calarcá a Cajamarca*



*Nota.* La figura 7 es un mapa obtenido de Open Street Map que muestra el tramo de carretera entre Calarcá y Cajamarca. La imagen destaca la Ruta 40, que atraviesa zonas montañosas y áreas naturales, indicando la complejidad geográfica del recorrido y los puntos de conexión principales en este tramo vial. Tomado de [Satellites Pro \(2023\)](#).

## Capítulo II: Aspectos metodológicos

### 2.1 Diseño metodológico

La investigación se llevará a cabo mediante un enfoque mixto que combina elementos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión holística de la problemática en la vía Calarcá - Cajamarca y evaluar la viabilidad de la implementación de rampas de frenado de emergencia.

### 2.2 Fases de la metodología

La investigación se desarrollará en tres fases consecutivas de acuerdo con [Núñez-Moscoso \(2017\)](#). En la **fase de estudio**, se analizará la literatura existente sobre seguridad vial en carreteras montañosas y el uso de rampas de frenado de emergencia. Además, se recopilarán y analizarán datos de siniestros viales en la vía Calarcá - Cajamarca, enfocándose en la ubicación, tipos de vehículos involucrados y las condiciones del terreno, junto con un estudio topográfico de la zona para identificar pendientes pronunciadas y otros factores geográficos relevantes.

En la **fase de análisis**, se evaluará la viabilidad de implementar rampas de frenado en tramos específicos, considerando las condiciones de la carretera y la topografía del lugar. También se diseñarán y aplicarán encuestas a conductores para obtener datos sobre sus experiencias y percepciones en esta vía. Finalmente, en la **fase de la propuesta**, se realizará una síntesis de los resultados obtenidos, se desarrollarán recomendaciones, y se elaborará una propuesta para la implementación de las rampas de frenado [\(Núñez-Moscoso, 2017\)](#).

### **2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Utilización de bases de datos, revisión bibliográfica, sobre siniestralidad vial, características, factibilidad técnica de la implementación de rampas de frenado para obtener información detallada sobre la vía Calarcá a Cajamarca. Aplicación de encuestas estructuradas a conductores de la vía para recopilar datos cuantitativos sobre sus experiencias y percepciones.

### **Capítulo III: Análisis y discusión de resultados**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la ruta de estudio correspondiente al desarrollo de los objetivos específicos de la presente investigación, con el fin de evaluar la viabilidad de las rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá - Cajamarca. Se examinarán tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos de los datos recopilados, destacando las tendencias significativas y las correlaciones identificadas.

#### **3.1 Estudio de siniestralidad vial en la vía Calarcá – Cajamarca**

Para abordar el primer objetivo específico del estudio, se ha realizado un análisis del flujo vehicular y la incidencia de siniestros viales en la zona de estudio.

##### **3.1.1 Índice de TPDA transito promedio diario y TPDM transito promedio mensual 2019 – 2022 en la vía Calarcá – Cajamarca**

La vía Calarcá - Cajamarca constituye un corredor vial de vital importancia para el transporte de carga, pasajeros y otros tipos de vehículos, especialmente debido a su atractivo como zona turística. Un análisis detallado de la serie histórica de tránsito (TPD) de los años 2019 a 2022, proporcionado por el INVÍAS, revela la composición y la evolución del tráfico en esta vía durante ese período.

**Tabla 7.**  
*TPDA y TPDM 2019*

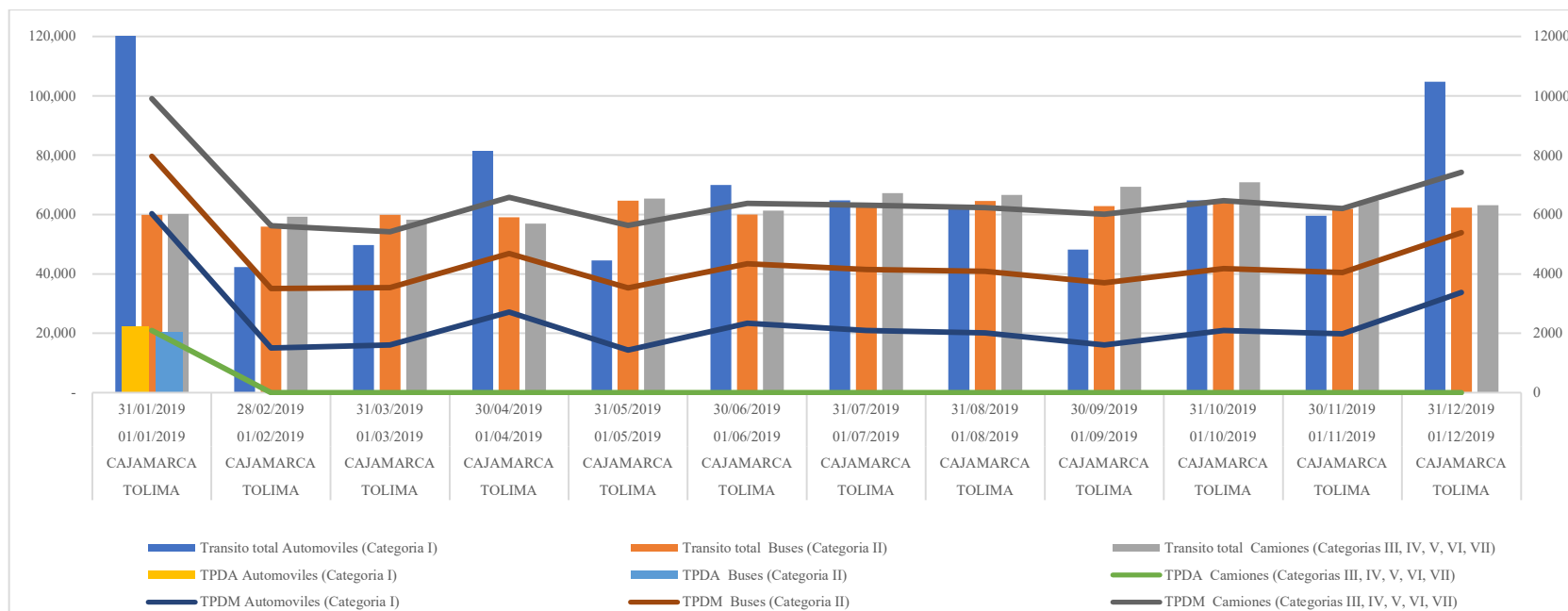
Estación de peaje	Desde	Hasta	Transito total automóviles (categoría I)	Transito total buses (categoría II)	Transito total camiones (categorías III - IV)	TPDA automóviles (categoría I)	TPDA buses (categoría II)	TPDA camiones (categorías III - IV)	TPDM automóviles (categoría I)	TPDM buses (categoría II)	TPDM camiones (categorías III - IV)
Cajamarca	01/01/2019	31/01/2019	122.012	59.954	60.233	2232	2027	2092	3936	1934	1943
Cajamarca	01/02/2019	28/02/2019	42.295	55.983	59.341	-	-	-	1511	1999	2119
Cajamarca	01/03/2019	31/03/2019	49.724	59.963	58.335	-	-	-	1604	1934	1882
Cajamarca	01/04/2019	30/04/2019	81.489	59.157	56.949	-	-	-	2716	1972	1898
Cajamarca	01/05/2019	31/05/2019	44.609	64.697	65.406	-	-	-	1439	2087	2110
Cajamarca	01/06/2019	30/06/2019	70.004	60.007	61.337	-	-	-	2333	2000	2045
Cajamarca	01/07/2019	31/07/2019	64.775	63.861	67.200	-	-	-	2090	2060	2168
Cajamarca	01/08/2019	31/08/2019	62.225	64.549	66.680	-	-	-	2007	2082	2151
Cajamarca	01/09/2019	30/09/2019	48.275	62.857	69.370	-	-	-	1609	2095	2312
Cajamarca	01/10/2019	31/10/2019	64.782	64.749	70.938	-	-	-	2090	2089	2288
Cajamarca	01/11/2019	30/11/2019	59.597	61.854	64.702	-	-	-	1987	2062	2157
Cajamarca	01/12/2019	31/12/2019	104.781	62.370	63.150	-	-	-	3380	2012	2037

*Nota.* La tabla 7 muestra los datos del tránsito promedio diario anual (TPDA) y mensual (TPDM) de automóviles, buses y camiones en la estación de peaje de Cajamarca durante el año 2019 Adaptada de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

Durante el año 2019, se observa que el número de vehículos varía considerablemente de un mes a otro, lo que sugiere posibles patrones estacionales o eventos específicos que influyen en el tráfico. Por ejemplo, en enero y diciembre, se registran los mayores volúmenes de tráfico, con cifras que superan los 100,000 vehículos en algunos casos, mientras que, en otros meses como febrero y mayo, los números son significativamente más bajos, rondando los 40,000 vehículos. En la ilustración 10 se observa la distribución por

categoría de vehículos, donde se puede apreciar cómo varía el tráfico entre automóviles, buses y camiones en cada período. Por ejemplo, en algunos meses como mayo, se registra un mayor número de buses en comparación con los automóviles, lo que sugiere una posible influencia de eventos turísticos o actividades específicas en la zona.

**Figura 8.**  
Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2019



**Nota.** La figura 8 muestra un análisis comparativo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y Mensual (TPDM) para automóviles, buses y camiones en la estación de peaje de Cajamarca durante el año 2019, mostrando las variaciones mensuales de cada categoría de vehículos y la tendencia del tráfico a lo largo del año. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

**Tabla 8.**  
**TPDA y TPDM 2020**

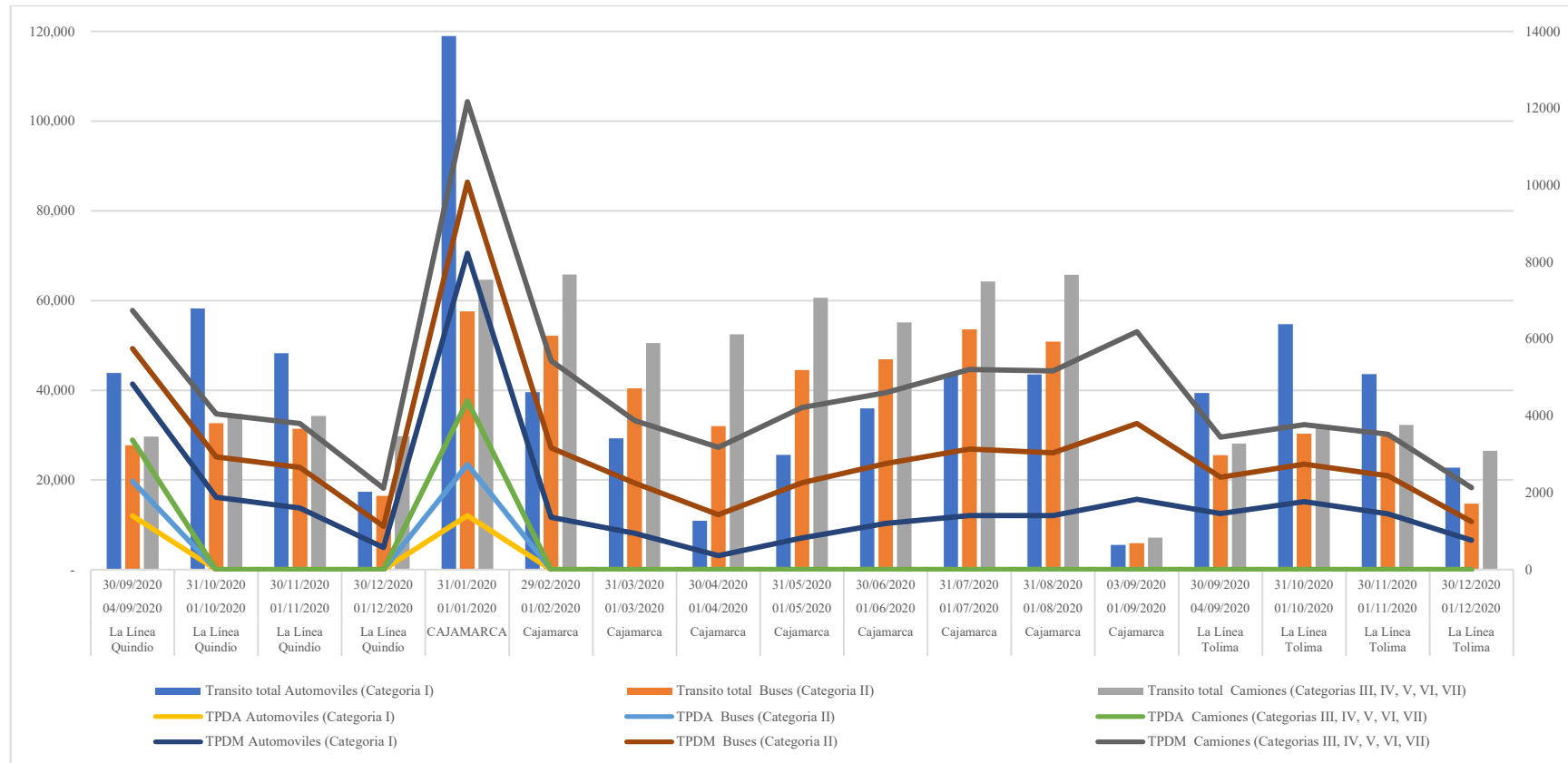
Estación de peaje	Desde	Hasta	Transito total automóviles (categoría I)	Transito total buses (categoría II)	Transito total camiones (categorías III - IV)	TPDA automóviles (categoría I)	TPDA buses (categoría II)	TPDA camiones (categorías III - IV)	TPDM automóviles (categoría I)	TPDM buses (categoría II)	TPDM camiones (categorías III - IV)
La línea Quindío	04/09/2020	30/09/2020	43.850	27.687	29.665	1397	902	1069	1462	923	989
La línea Quindío	01/10/2020	31/10/2020	58.240	32.627	34.720	-	-	-	1879	1052	1120
La línea Quindío	01/11/2020	30/11/2020	48.241	31.399	34.232	-	-	-	1608	1047	1141
La línea Quindío	01/12/2020	30/12/2020	17.330	16.494	29.691	-	-	-	578	550	990
Cajamarca	01/01/2020	31/01/2020	118.974	57.582	64.671	1406	1326	1657	3838	1857	2086
Cajamarca	01/02/2020	29/02/2020	39.557	52.140	65.786	-	-	-	1364	1798	2268
Cajamarca	01/03/2020	31/03/2020	29.284	40.462	50.541	-	-	-	945	1305	1630
Cajamarca	01/04/2020	30/04/2020	10.848	31.982	52.465	-	-	-	362	1066	1749
Cajamarca	01/05/2020	31/05/2020	25.600	44.451	60.593	-	-	-	826	1434	1955
Cajamarca	01/06/2020	30/06/2020	35.946	46.868	55.102	-	-	-	1198	1562	1837
Cajamarca	01/07/2020	31/07/2020	43.664	53.564	64.262	-	-	-	1409	1728	2073
Cajamarca	01/08/2020	31/08/2020	43.500	50.813	65.745	-	-	-	1403	1639	2121
Cajamarca	01/09/2020	03/09/2020	5.488	5.904	7.165	-	-	-	1829	1968	2388
La línea Tolima	04/09/2020	30/09/2020	39.333	25.500	28.157	-	-	-	1457	944	1043
La línea Tolima	01/10/2020	31/10/2020	54.772	30.368	31.705	-	-	-	1767	980	1023
La línea Tolima	01/11/2020	30/11/2020	43.572	29.741	32.220	-	-	-	1452	991	1074
La línea Tolima	01/12/2020	30/12/2020	22.692	14.721	26.466	-	-	-	756	491	882

*Nota.* La tabla 8 detalla los datos del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y Mensual (TPDM) para automóviles, buses y camiones en las estaciones de peaje de La Línea y Cajamarca durante el año 2020. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).



**Figura 9.**

*Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2020*



*Nota.* La figura 9 es un análisis comparativo de las estaciones de peaje de La Línea y Cajamarca durante el año 2020, mostrando las fluctuaciones de tráfico por categoría de vehículo y las variaciones en el tránsito mensual a lo largo del año, tal como se detalla en la tabla 8. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

En la ilustración 9 se muestra que, durante el período de septiembre a diciembre de 2020, la estación de peaje “La Línea Quindío” registró un tráfico total considerable, con un promedio de alrededor de 45,000 a 58,000 vehículos por mes. Los automóviles representan la mayoría del tráfico, seguidos por los camiones y luego los buses. Además, se observa una ligera tendencia al aumento del tráfico de automóviles y camiones a lo largo de estos meses, mientras que el tráfico de buses parece fluctuar más.

Por otra parte, la estación de peaje de Cajamarca mostró un tráfico significativamente alto en enero de 2020, con más de 100,000 vehículos, principalmente automóviles y camiones. Sin embargo, en los meses siguientes, el tráfico disminuyó drásticamente, llegando a menos de 10,000 vehículos en septiembre. Esta disminución abrupta podría ser atribuible a factores como restricciones de movilidad, eventos climáticos u otras circunstancias externas.

Finalmente, en la estación de peaje “La Línea Tolima”, se observa un patrón de tráfico similar al de la línea Quindío, con volúmenes de tráfico y una distribución similar entre automóviles, buses y camiones. Sin embargo, los números totales de vehículos son ligeramente más bajos en comparación con la línea Quindío para el mismo período.

Al comparar los datos de tráfico entre 2019 y 2020 en la vía Calarcá - Cajamarca, se observan diferencias significativas en los patrones de movimiento de vehículos. En general, el volumen total de tráfico parece ser más consistente y, en promedio, más alto en 2019 en comparación con 2020. Este hallazgo sugiere que el tráfico en la vía fue más activo y constante durante el año anterior. Sin embargo, en 2020, se evidencia una marcada disminución en el

tráfico a partir del mes de marzo, coincidiendo con el inicio de la pandemia de covid-19 y las medidas de restricción de movilidad implementadas en respuesta a la crisis sanitaria.

En cuanto a la distribución por categoría de vehículos, se observa que, en ambos años, los automóviles constituyen la categoría predominante de vehículos que pasan por las estaciones de peaje, seguidos por los camiones y luego los buses. Sin embargo, la proporción de tráfico entre estas categorías puede variar entre los dos años, con posibles implicaciones en la congestión vial y la gestión de la infraestructura vial.

Los valores de tráfico promedio diario anual y mensual (TPDA Y TPDM) proporcionan una perspectiva adicional sobre la carga de tráfico esperada en la vía a lo largo de cada año y durante cada mes en particular. En general, se observa que los valores de TPDA Y TPDM son más altos en 2019 en comparación con 2020, indicando una mayor actividad y demanda de tráfico en la vía durante el año anterior. Esta discrepancia sugiere que la pandemia de covid-19 y las medidas de restricción de movilidad tuvieron un impacto significativo en el flujo de vehículos a lo largo de 2020, lo que resultó en una reducción sustancial en la actividad vial en la vía Calarcá - Cajamarca durante ese período.

A continuación, se detallan los datos de tráfico recopilados en las estaciones de peaje “la línea Quindío” y “La Línea Tolima” durante el primer semestre de 2021, en el cual se muestran los patrones de tráfico locales y se ofrece información crucial desde diversas áreas de la gestión vial y el desarrollo regional.

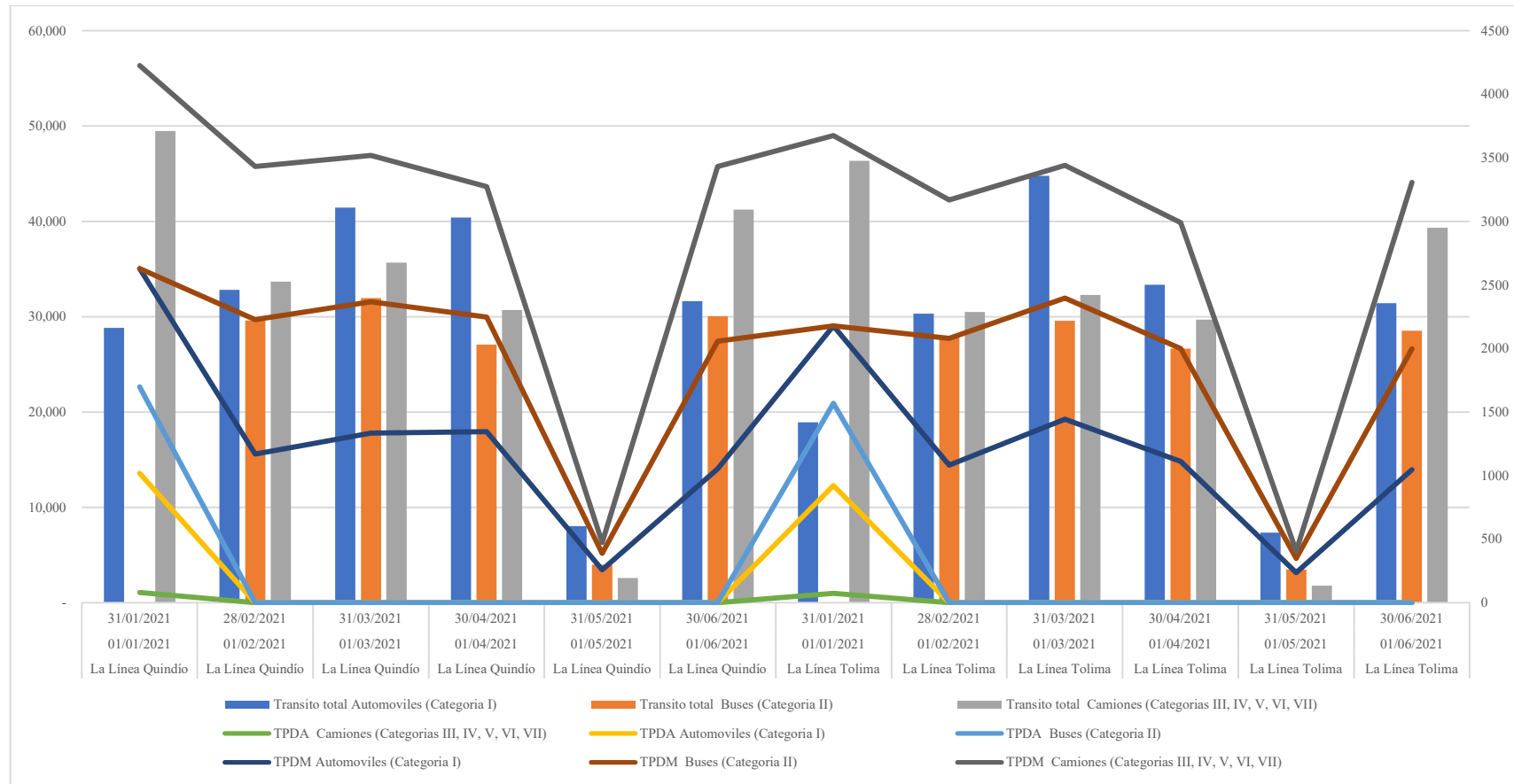
**Tabla 9.**  
**TPDA y TPDM 2021**

Estación de peaje	Desde	Hasta	Transito total automóviles (categoría I)	Transito total buses (categoría II)	Transito total camiones (categorías III - IV)	TPDA automóviles (categoría I)	TPDA buses (categoría II)	TPDA camiones (categorías III - IV)	TPDM automóviles (categoría I)	TPDM buses (categoría II)	TPDM camiones (categorías III - IV)
La línea Quindío	01/01/2021	31/01/2021	28.839	-	49.481	1018	682	1074	930	0	1596
La línea Quindío	01/02/2021	28/02/2021	32.809	29.594	33.676	-	-	-	1172	1057	1203
La línea Quindío	01/03/2021	31/03/2021	41.448	31.959	35.674	-	-	-	1337	1031	1151
La línea Quindío	01/04/2021	30/04/2021	40.388	27.071	30.709	-	-	-	1346	902	1024
La línea Quindío	01/05/2021	31/05/2021	8.051	4.011	2.603	-	-	-	260	129	84
La línea Quindío	01/06/2021	30/06/2021	31.631	30.051	41.248	-	-	-	1054	1002	1375
La línea Tolima	01/01/2021	31/01/2021	18.939	-	46.370	923	646	1000	611	0	1496
La línea Tolima	01/02/2021	28/02/2021	30.311	27.946	30.490	-	-	-	1083	998	1089
La línea Tolima	01/03/2021	31/03/2021	44.781	29.584	32.300	-	-	-	1445	954	1042
La línea Tolima	01/04/2021	30/04/2021	33.365	26.674	29.706	-	-	-	1112	889	990
La línea Tolima	01/05/2021	31/05/2021	7.355	3.484	1.788	-	-	-	237	112	58
La línea Tolima	01/06/2021	30/06/2021	31.427	28.514	39.319	-	-	-	1048	950	1311

*Nota.* La tabla 9 muestra las estadísticas de tránsito para automóviles, buses y camiones en las estaciones de peaje de La Línea (Quindío y Tolima) durante 2021, detallando el tránsito total, el promedio diario y mensual para cada categoría de vehículo, con datos específicos de variación entre los meses. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

**Figura 10.**

*Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2021*



*Nota.* La figura 10 muestra el análisis correspondiente a las fluctuaciones presentadas en la tabla anterior (9). Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

Al analizar los datos de tráfico de las estaciones de peaje “La Línea Quindío” y “La Línea Tolima” durante los primeros seis meses del año 2021, se observan variaciones significativas en el volumen total de vehículos que pasan por ambas estaciones. En general, se registra una fluctuación en el tráfico a lo largo de los meses, con cifras que oscilan entre alrededor de 8,000 vehículos en mayo y más de 40,000 vehículos en marzo para “La Línea Quindío”, y desde aproximadamente 7,000 vehículos en mayo hasta más de 40,000 vehículos en marzo para “La Línea Tolima”.

En cuanto a la distribución por categoría de vehículos, se destaca que los automóviles representan la mayoría del tráfico registrado en ambas estaciones de peaje, seguidos por los camiones y luego los buses. Sin embargo, se observa una presencia más significativa de buses en “La Línea Quindío” en comparación con “La Línea Tolima”, especialmente en los meses de febrero y marzo, donde los números de tráfico de buses son relativamente altos en “La Línea Quindío”.

En términos de tráfico promedio diario mensual (TPDM), los valores varían a lo largo de los meses, indicando fluctuaciones en la demanda de tráfico en diferentes períodos del año. Por ejemplo, marzo tiende a ser un mes con un tráfico más pesado en ambas estaciones de peaje, lo que sugiere una mayor actividad vehicular en ese momento.

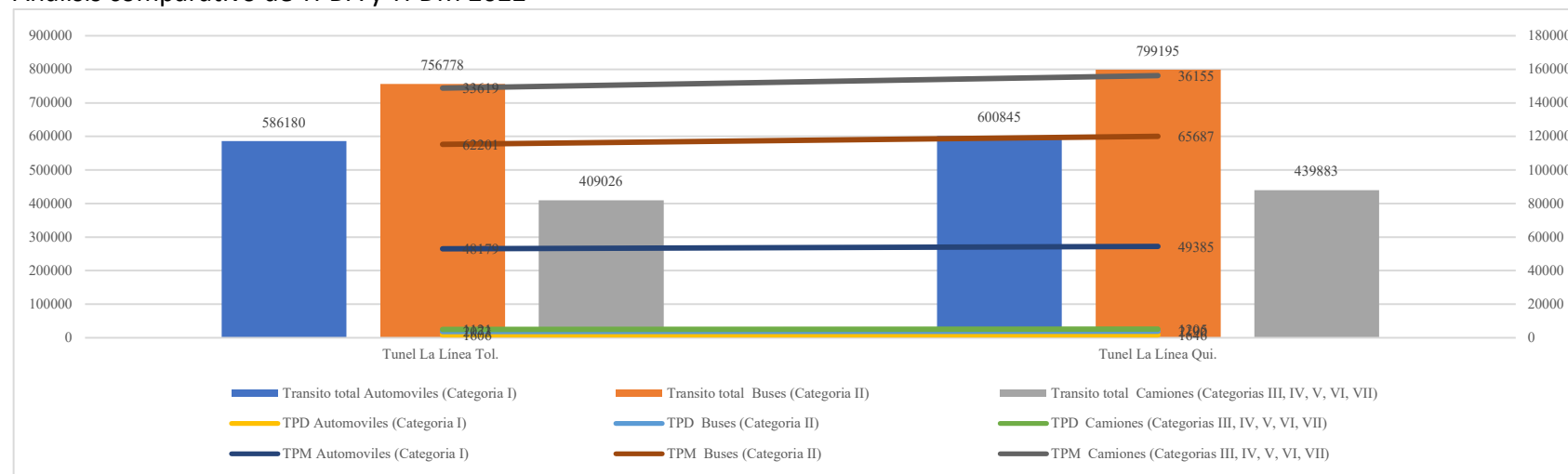
En el transcurso del año 2022 como se muestra en la tabla 13 y en la ilustración 13, los datos de tráfico recopilados en las estaciones de peaje del túnel La Línea Tolima y túnel La Línea Quindío muestran una actividad vehicular sostenida y enérgica en comparación con años anteriores.

**Tabla 10.**  
TPDA y TPDM 2022

Estación de peaje	Desde	Hasta	Transito total automóviles (categoría I)	Transito total buses (categoría II)	Transito total camiones (categorías III - IV)	TPDA automóviles (categoría I)	TPDA buses (categoría II)	TPDA camiones (categorías III - IV)	TPDM automóviles (categoría I)
Túnel la línea tol.	586180	756778	409026	1606	2073	1121	48179	62201	33619
Túnel la línea qui.	600845	799195	439883	1646	2190	1205	49385	65687	36155

*Nota.* La tabla 10 muestra el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y Mensual (TPDM) para automóviles, buses y camiones en las estaciones de peaje del Túnel de La Línea (Tolima y Quindío) durante el año 2022, reflejando el volumen de tránsito para cada tipo de vehículo. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

**Figura 11.**  
Análisis comparativo de TPDA y TPDM 2022



*Nota.* La figura 11 es un gráfico comparativo del TPDA y TPDM de automóviles, buses y camiones en los peajes del Túnel de La Línea en Tolima y Quindío durante 2022. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

El análisis de los datos de tráfico para el año 2022, ilustración 13. En las estaciones de peaje del túnel La Línea Tolima y túnel La Línea Quindío se registra un alto volumen de tráfico en ambas estaciones a lo largo de todo el año, con cifras notables para cada categoría de vehículos. En el túnel La Línea Tolima, se contabilizan un total de 586,180 automóviles, 756,778 buses y 409,026 camiones, mientras que en el túnel La Línea Quindío se registran 600,845 automóviles, 799,195 buses y 439,883 camiones. Esta intensa actividad vehicular sugiere una alta demanda de transporte a través de los túneles durante todo el año.

En cuanto a la distribución por categoría de vehículos, se observa que los automóviles son la categoría dominante en ambas estaciones de peaje, seguidos por los buses y luego los camiones. Esta distribución refleja la composición típica del tráfico en carreteras principales y subraya la importancia de estas rutas para el transporte de pasajeros y mercancías en la región. Es notable la presencia significativa de buses y camiones, lo que resalta la importancia estratégica de estas vías como corredores vitales para el movimiento de personas y mercancías.

Por último, al observar los valores de tráfico promedio diario (TPD) y tráfico promedio mensual (TPM), se confirma una alta carga de tráfico tanto diaria como mensualmente en ambas estaciones de peaje a lo largo de todo el año 2022. Estos valores indican una demanda constante de transporte en la región y subrayan la importancia crítica de estas rutas como parte fundamental de la infraestructura vial y de transporte.

Al comparar los datos de tráfico entre los años 2021 y 2022 se destacan diferencias y similitudes notables. En ambos años, se registra un alto volumen de tráfico en ambas estaciones, lo que sugiere una actividad vehicular significativa en la región durante todo el período. Además,



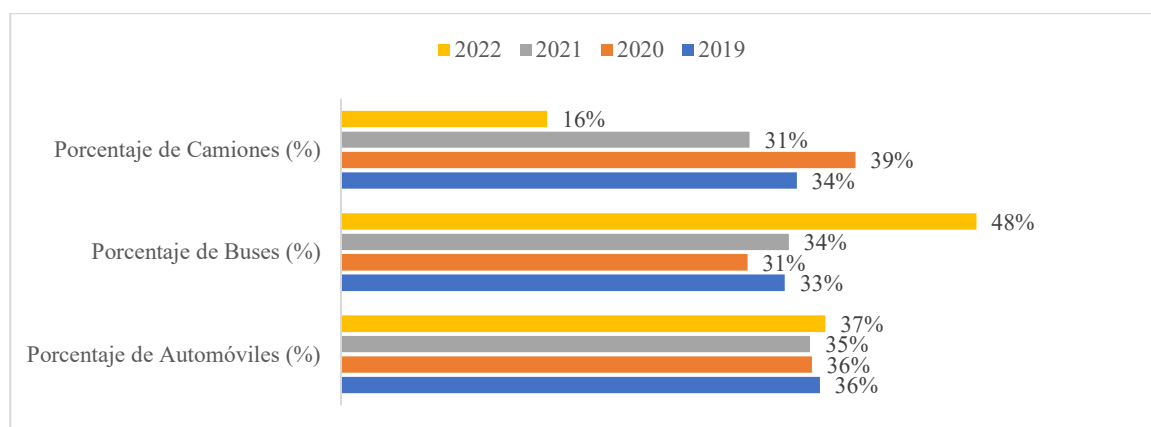
la composición del tráfico por categoría de vehículos se mantiene consistente en ambos años, con automóviles representando la mayoría del tráfico, seguidos por buses y camiones. Aunque pueden existir pequeñas variaciones en la proporción de cada tipo de vehículo, la tendencia general permanece similar entre ambos años. En cuanto al tráfico promedio diario (TPD) y el tráfico promedio mensual (TPM), se observan diferencias entre 2021 y 2022. Sin embargo, se observan variaciones entre los dos años, lo que puede atribuirse a una serie de factores, como cambios económicos, eventos especiales o modificaciones en las políticas de transporte.

**Tabla 11.**  
*Porcentaje anual de vehículo por año*

Año	Porcentaje de automóviles (%)	Porcentaje de buses (%)	Porcentaje de camiones (%)
2019	36.13	33.48	34.39
2020	35.52	30.67	38.81
2021	35.39	33.78	30.83
2022	36.53	47.92	15.55

*Nota.* La tabla 11 muestra el porcentaje anual de automóviles, buses y camiones en la vía entre 2019 y 2022, mostrando la variación en la composición del tránsito vehicular cada año. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

**Figura 12.**  
*Análisis del porcentaje anual de vehículo por año*



*Nota.* La figura 12 analiza el porcentaje anual de vehículos (automóviles, buses y camiones) desde 2019 hasta 2022, destacando el cambio en la participación de cada tipo de vehículo en el tránsito total. Adaptado de [Instituto nacional de vías \(INVÍAS\) \(2024\)](#).

La tabla e ilustración 14 muestran el porcentaje anual del tráfico de cada categoría de vehículos en los años 2019, 2020, 2021 y 2022. En 2019, los automóviles representaron aproximadamente el 36.13% del tráfico total, seguidos por los camiones con el 34.39% y los autobuses con el 33.48%. En 2020, la proporción de automóviles disminuyó ligeramente al 35.52%, mientras que la de camiones aumentó a 38.81% y la de autobuses fue del 30.67%. En 2021, el porcentaje de automóviles fue similar al año anterior, mientras que el de autobuses aumentó ligeramente al 33.78% y el de camiones disminuyó al 30.83%. Finalmente, en 2022, hubo un aumento significativo en el porcentaje de autobuses, alcanzando el 47.92%, mientras que los automóviles representaron el 36.53% y los camiones el 15.55% del tráfico total.

En resumen, el análisis del índice de TPDA (tránsito promedio diario) y TPDM (tránsito promedio mensual) de los años 2019 a 2022 en la vía Calarcá - Cajamarca proporciona una visión detallada de la evolución del tráfico en esta importante ruta. Se observa un crecimiento constante en el volumen de tráfico a lo largo de los años, con fluctuaciones estacionales y mensuales significativas. Considerando también el índice de siniestralidad vial en la zona, estos datos ayudan a comprender la importancia y evaluar la viabilidad e implementación de medidas como las rampas de frenado de emergencia, que pueden contribuir significativamente a la reducción de incidentes viales y a la seguridad de los conductores.

### Índice de siniestralidad vial entre los años 2018 a 2022

Según los datos proporcionados por la agencia nacional de seguridad vial en el informe “*históricos de cifras preliminares y definitivas*” del año 2023, extraídos de los [Datos Abiertos de Colombia \(2023\)](#), se detallan los siniestros viales ocurridos en la vía que conecta Calarcá con Cajamarca, específicamente en el túnel de la línea. En este informe, se destacan variables relevantes, como el número de víctimas fatales y lesionadas, durante el período comprendido entre 2018 y 2023.

La siguiente información representa los datos de mortalidad en el departamento del Tolima, específicamente en la vía que conecta con Cajamarca, durante el período comprendido entre 2018 y 2023:

**Figura 13.**  
*Matriz mes año (muertos - Cajamarca)*

Mes de ocurrencia	2018	2019	2020	2021	2022	2023
01.Enero	1				8	
02.Febrero	1					1
03.Marzo	2		2			1
04.Abril						1
05.Mayo	2	1				
06.Junio	3		1	1	1	1
07.Julio			1	2		2
08.Agosto	2				1	2
09.Septiembre	2	1	1			
10.Octubre			1	1		1
11.Noviembre	1	1		1	1	
12.Diciembre			1	1	1	4

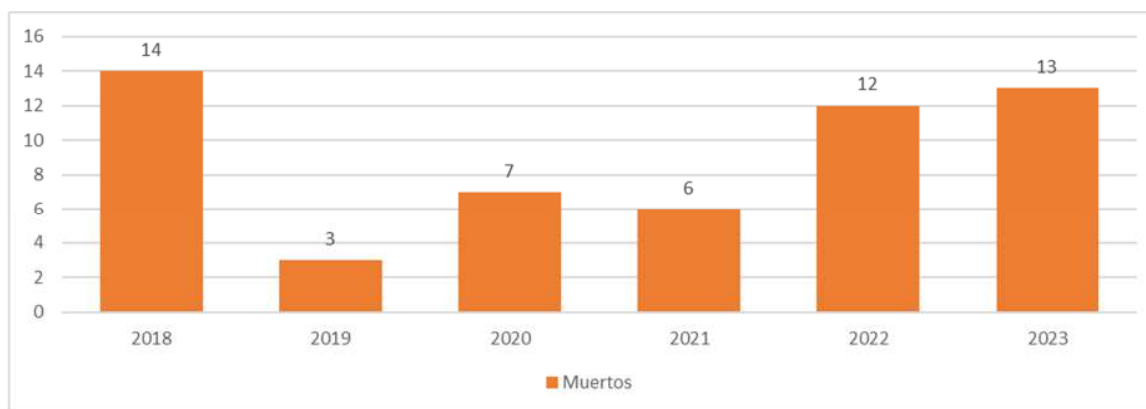
*Nota.* La figura 13 es una matriz que muestra el número de muertes ocurridas en Cajamarca por mes y año, desde 2018 hasta 2023, destacando los meses con mayor incidencia, como enero de 2022 con un notable incremento en los fallecimientos. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 14.**  
*Fallecidos por actor vial - Cajamarca*

UsuarioVía	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Peatón	2		1	4	2	
Sin Información			1			
Usuario de bicicleta	1					
Usuario de moto	7	1	3	1		7
Usuario de otros		1	1			
Usuario de V.Individual		1			6	3
Usuario T.Carga	3		1	1	2	3
Usuario T.Pasajeros	1				2	

*Nota.* La figura 14 muestra la distribución de los fallecidos por tipo de actor vial en Cajamarca, destacando la incidencia en diferentes categorías como conductores, pasajeros y peatones, para identificar los actores más vulnerables en la vía. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 15.**  
*Histórico en cifras 1 - Cajamarca*



Estado	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Muertos	14	3	7	6	12	13

*Nota.* La figura 15 muestra el número de muertes anuales en Cajamarca entre 2018 y 2023, evidenciando las fluctuaciones en la cantidad de fallecidos, con un notable incremento en los años 2022 y 2023. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

A continuación, se presentan los datos de lesionados en el departamento del Tolima, específicamente en la vía que conecta con Cajamarca, durante el período comprendido entre 2017 y 2023:

**Figura 16.**  
*Matriz mes año (lesionados - Cajamarca)*

Mes de ocurrencia	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
01.Enero	5	3		1		30	
02.Febrero	6		5		4		1
03.Marzo		4	2	1		1	2
04.Abril		7	3		2	2	3
05.Mayo	2	1	1	2		1	1
06.Junio	1	2	2			1	6
07.Julio	2	4			1		3
08.Agosto	1	2		1		1	4
09.Septiembre			9		2	1	
10.Octubre		1		4	1	3	9
11.Noviembre	1			3	1	1	
12.Diciembre	9			1		1	2

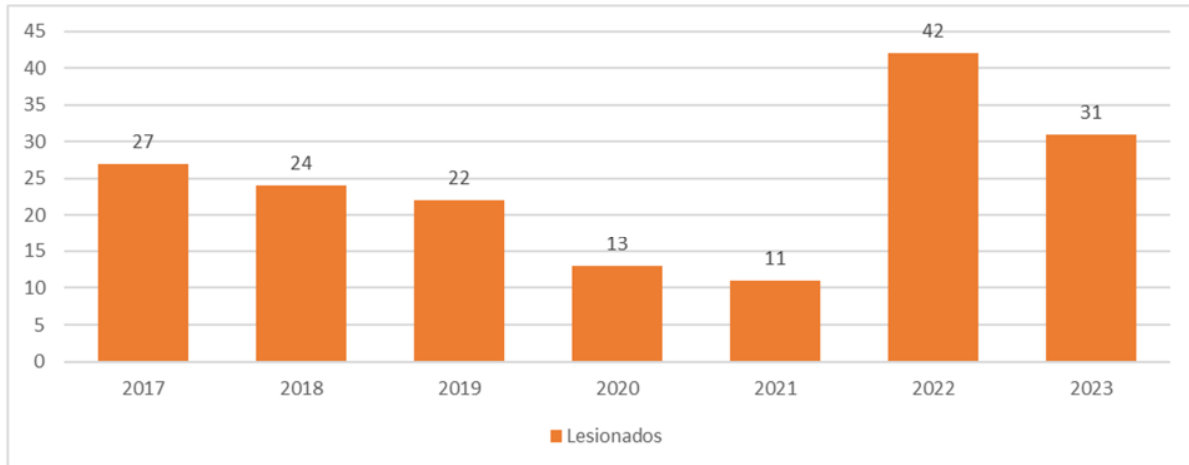
*Nota.* Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 17.**  
*Lesionados por actor vial - Cajamarca*

UsuarioVia	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Peatón	5	1	3	3		3	4
Usuario de bicicleta		2	1				
Usuario de moto	4	9	7	8	7	9	5
Usuario de V.Individual	4	5	1	1	4	10	9
Usuario T.Carga	2	2	1				1
Usuario T.Pasajeros	12	5	9	1		20	12

*Nota.* La figura 16 es una matriz que muestra el número de lesionados por mes y año en Cajamarca desde 2017 hasta 2023, destacando los meses con mayor incidencia, como enero de 2022 con un aumento significativo en el número de lesionados. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 18.**  
*Histórico en cifras 2 - Cajamarca*



Estado	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Lesionados	27	24	22	13	11	42	31

*Nota.* La figura 18 señala la distribución de los lesionados por tipo de actor vial en Cajamarca entre 2017 y 2023, resaltando que los usuarios de transporte de pasajeros han sido los más afectados, especialmente en 2022, con un incremento notable en la cantidad de lesionados. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

Al comparar el número de lesionados y fallecidos según el tipo de usuario en siniestros viales de tráfico, se pueden identificar algunas tendencias y patrones interesantes. En cuanto a los lesionados, se observa que el usuario de transporte de pasajeros (como los pasajeros de autobuses) tiene consistentemente el número más alto de lesionados a lo largo de los años, con un pico particularmente notable en 2022. Esto puede atribuirse a la gran cantidad de personas que pueden resultar afectadas en un solo siniestro vial de autobús.

Por otro lado, los usuarios de motocicletas también muestran un número significativo de lesionados a lo largo de los años, aunque con cierta variabilidad. Este grupo tiende a ser vulnerable en las vías debido a la exposición directa y la relativa falta de protección en

comparación con otros usuarios. En cuanto a los fallecidos, los peatones y los usuarios de motocicletas son los más afectados, con el número más alto de muertes en varios años. Esto resalta la vulnerabilidad de estos dos grupos de usuarios en las vías. Es especialmente preocupante observar un aumento en el número de muertes de peatones en 2021 y 2022, lo que podría indicar un problema de seguridad vial en las zonas urbanas. Es importante mencionar que los usuarios de vehículos individuales, como automóviles y camiones, también experimentan un número significativo de muertes y lesiones.

La siguiente información representa los datos de mortalidad en el departamento de Quindío, específicamente en la vía que conecta con Calarcá, durante el período comprendido entre 2017 y 2023:

**Figura 19.**  
*Matriz mes año (muertos - Calarcá)*

Mes de ocurrencia	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
01.Enero	1	2	2	2	2	2	1
02.Febrero	2		6	2	1		1
03.Marzo	2	1		1	3	2	
04.Abril	5	2	2	1	4	2	
05.Mayo	1	1	1	3		1	
06.Junio	1	1					2
07.Julio	1	1	3		3	4	1
08.Agosto		3	3	3		2	1
09.Septiembre	1		1	1	4	5	2
10.Octubre	1	1	3		4	1	1
11.Noviembre	1	3	3	2	1		
12.Diciembre	1	2	3		1	1	2

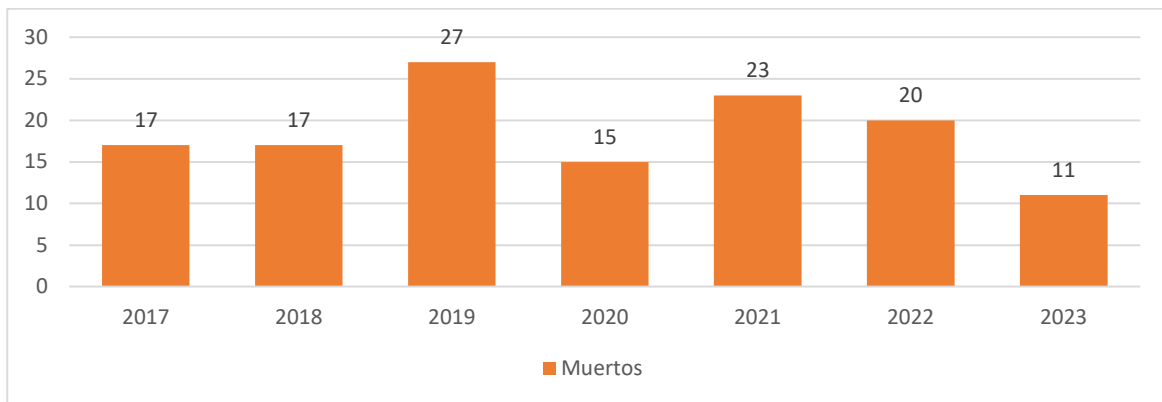
*Nota.* La figura 19 muestra el número de muertes en Calarcá por mes y año, desde 2017 hasta 2023, resaltando los picos de fallecimientos en febrero de 2019 y septiembre de 2022, lo que evidencia patrones temporales de mayor siniestralidad vial. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 20.**  
*Fallecidos por actor vial - Calarcá*

UsuarioVia	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Peatón	7	6	2	6	2	6	
Sin Información		1					
Usuario de bicicleta	2	1	5	1	5	1	1
Usuario de moto	3	8	8	6	10	10	6
Usuario de V.Individual	2	1	3		5		
Usuario T.Carga	3		4	1	1	2	2
Usuario T.Pasajeros			5	1		1	2

*Nota.* La figura 20 destaca la distribución de los fallecidos por tipo de actor vial en Calarcá entre 2017 y 2023, destacando a los usuarios de motocicletas como el grupo más afectado, con un incremento notable en 2020 y 2021. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 21.**  
*Histórico en cifras 1 - Calarcá*



Estado	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Muertos	17	17	27	15	23	20	11

*Nota.* La figura 21 muestra un histórico de muertes anuales en Calarcá desde 2017 hasta 2023, mostrando variaciones en el número de fallecimientos, con un pico máximo en 2019 y una disminución notable en 2023. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).



A continuación, se presentan los datos de lesionados en el departamento de Quindío, específicamente en la vía que conecta con Calarcá, durante el período comprendido entre 2017 y 2023:

**Figura 22.**  
*Matriz mes año (lesionados - Calarcá)*

Mes de ocurrencia	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
01.Enero	11	14	12	10	2	5	7
02.Febrero	14	9	17	5	4	6	6
03.Marzo	10	11	3		4	7	8
04.Abril	10	11	4		8	8	1
05.Mayo	8	6	3	1	2	5	7
06.Junio	12	4	11			7	5
07.Julio	10	11	3	2	4	6	3
08.Agosto	13	14	6	3	6	7	4
09.Septiembre	9	12	6	4	16	4	1
10.Octubre	13	7	23	2	7	6	5
11.Noviembre	13	12	4		3	5	2
12.Diciembre	7	10	4		5	3	8

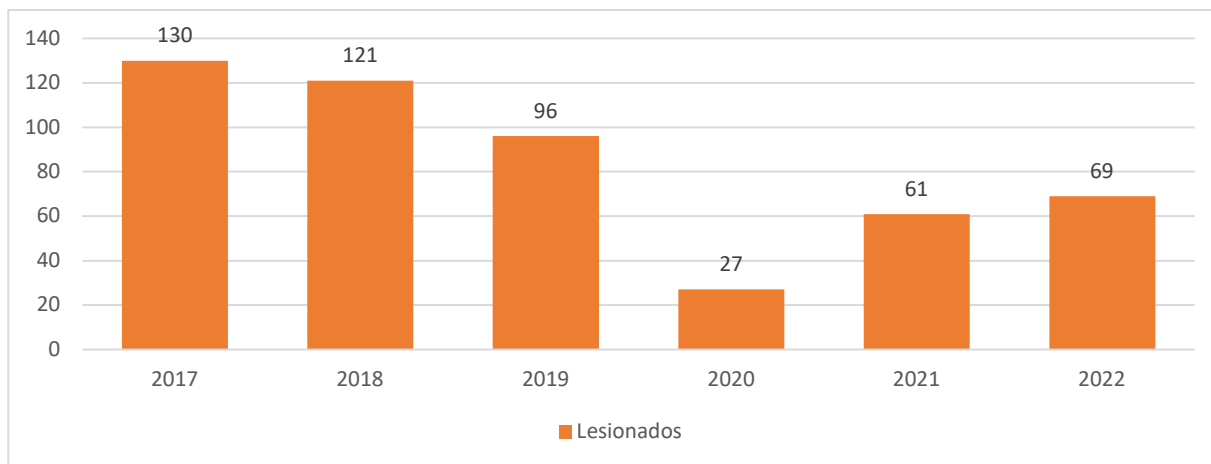
*Nota.* La figura 22 es una matriz que muestra la cantidad de lesionados por mes y año en Calarcá desde 2017 hasta 2023, con un pico significativo de lesionados en octubre de 2019, evidenciando un periodo de alta siniestralidad vial. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 23.**  
*Lesionados por actor vial - Calarcá*

UsuarioVia	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Peatón	20	20	8	6	7	6	6
Usuario de bicicleta	10	12	4	4	2	3	4
Usuario de moto	65	73	47	14	30	43	27
Usuario de V.Individual	18	10	1		18	13	8
Usuario T.Carga	1		3	1	1	2	1
Usuario T.Pasajeros	16	6	33	2	3	2	11

*Nota.* La figura 23 muestra la distribución de los lesionados por tipo de actor vial en Calarcá entre 2017 y 2023, destacando a los usuarios de motocicletas como el grupo con mayor número de lesionados en todos los años, especialmente en 2018 y 2019. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

**Figura 24.**  
*Histórico en cifras 2 - Calarcá*



Estado	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Lesionados	130	121	96	27	61	69	57

*Nota.* La figura 24 detalla el histórico del número de lesionados en Calarcá desde 2017 hasta 2022, mostrando una disminución significativa en 2020, con una tendencia al alza nuevamente en 2021 y 2022. Adaptado de [Agencia Nacional de Seguridad Vial \(2024\)](#).

Al comparar el número de lesionados y muertos por categoría de usuarios en la vía de Calarcá en Quindío durante el período de 2017 a 2023 se observa que, en términos de lesionados los usuarios de moto representan consistentemente la mayoría de los casos en todos los años estudiados, con un total de 65 en 2017, aumentando a 73 en 2018, y luego disminuyendo gradualmente en los años siguientes. Sin embargo, incluso con estas disminuciones, los usuarios de moto siguen siendo una de las categorías con mayor número de lesionados en los años posteriores.

Por otro lado, los peatones y los usuarios de vehículos individuales también muestran cifras significativas de lesionados en varios años. En particular, los peatones presentan una

disminución en el número de lesionados de 20 en 2017 a solo 6 en 2023. Mientras tanto, los usuarios de vehículos individuales muestran fluctuaciones en el número de lesionados a lo largo de los años, con una disminución notable en 2019 seguida de un aumento en 2020 y 2021.

En cuanto a los muertos, se observa que los peatones y los usuarios de moto también son las categorías más afectadas. Los peatones muestran una disminución en el número de muertos a lo largo de los años, pasando de 7 en 2017 a 0 en 2023, lo que sugiere posibles mejoras en la seguridad peatonal. Por otro lado, los usuarios de moto muestran variaciones en el número de muertos, con picos en 2018 y 2022.

### **3.2 Análisis del reporte de siniestralidad vial periodo mayo a octubre de 2023 vía Calarcá - Cajamarca**

De acuerdo con la información obtenida por la agencia nacional de seguridad vial (ANSV) (2024), y en respuesta, Rodrigo Osorio Tovar, el director territorial del Quindío, compartió con los autores del presente trabajo el informe de siniestralidad vial correspondiente a la vía que conecta Calarcá hacia Cajamarca durante el periodo comprendido entre mayo y octubre de 2023 (anexo 1). Este informe, proporcionado por una fuente directa y autorizada, constituye una valiosa fuente de datos sobre los incidentes viales ocurridos en la zona en ese lapso. A continuación, se llevará a cabo un análisis de esta información con el objetivo de comprender mejor los patrones y factores asociados a la siniestralidad vial en dicha vía, permitiendo así identificar posibles soluciones y estrategias de prevención.

### **3.2.1 Frecuencia y tipos de eventos**

Durante el periodo comprendido entre mayo y octubre de 2023, se registraron un total de 2750 eventos en la vía Calarcá - Cajamarca, abarcando una amplia gama de situaciones, desde colisiones y atención a la comunidad hasta derrames, derrumbes, atenciones médicas, auxilio vial y casos de vehículos varados, entre otros incidentes. Se refleja la complejidad y dinámica de la vía luego de conocer este conjunto diverso de eventos, así como la variedad de desafíos a los que se enfrentan los usuarios. La inclusión de categorías tan diversas en la recopilación de datos subraya la importancia de analizar tanto los siniestros viales típicos y las circunstancias y situaciones cotidianas que pueden afectar la seguridad y eficiencia de la vía. Este enfoque proporciona una base para comprender la frecuencia y tipos de eventos, permitiendo un análisis que respalde decisiones informadas para mejorar la seguridad y mitigar los riesgos en la vía.

### **3.2.2 Tasa de siniestralidad vial**

La tasa de siniestralidad vial en la vía Calarcá - Cajamarca durante el periodo de mayo a octubre de 2023 fue significativa, con un total de 206 eventos catalogados como siniestros viales, lo que equivale al 7.49% de todos los eventos registrados en este lapso. Este indicador evalúa la cantidad de eventos en general, además de la proporción de incidentes que implican situaciones críticas y potencialmente peligrosas. La tasa de siniestralidad vial se convierte así en un elemento

clave para comprender la magnitud de los riesgos y desafíos en la vía, proporcionando una perspectiva valiosa sobre la seguridad general del corredor vial.

### **3.2.3 Involucramiento de vehículos**

El análisis del involucramiento de vehículos en los siniestros viales ocurridos en la vía Calarcá - Cajamarca entre mayo y octubre de 2023 revela una distribución significativa que aborda diferentes categorías de vehículos. Los automóviles ocupan el primer lugar en cuanto a la frecuencia de siniestros viales, representando un 37.86% del total. Las motocicletas también juegan un papel considerable, contribuyendo con un 35.44%. Asimismo, se registraron siniestros viales que involucraron camiones, con un 10.19%, tractocamiones con un 13.59%, y buses con un 2.91%. Esta variada distribución proporciona una visión integral de los actores involucrados en los incidentes y subrayando la diversidad de desafíos que se presentan en la vía.

### **3.2.4 Causas principales**

Se destaca que la mayoría de los incidentes se debieron a colisiones o choques, con un total de 112 eventos. Los volcamientos de vehículos también representaron una proporción significativa, sumando 93 eventos. Es interesante señalar que se registró un único caso de desprendimiento de carga como causa. La preponderancia de colisiones señala problemas relacionados con la conducción, mientras que los volcamientos de vehículos están vinculados a condiciones de la vía y a comportamientos específicos de los conductores.

**Tabla 12.**

*Resumen de reporte de siniestralidad vial*

Número de eventos presentados	2750 eventos
Tipo de eventos presentados	Colisiones, atenciones a la comunidad, atención de derrames, atención de derrumbes, atenciones médicas, auxilio vial, varados, etc.
Tasa de siniestralidad vial	De los 2750 eventos presentados, 206 son siniestros viales, los cuales representan el 7.49% de todos los eventos presentados en el corredor.
Vehículos involucrados	
Automóviles	78 siniestros viales (37,86%)
Bus	6 siniestros viales (2.91%)
Camión	21 siniestros viales (10.19%)
Motocicleta	73 siniestros viales (35.44%)
Tractocamión	28 siniestros viales (13.59%)
Principales causales de estos siniestros viales	
Colisión/choque	112 eventos
Desprendimiento de carga	1 evento
Volcamiento de vehículo	93 eventos

*Nota.* La tabla 12 es un reporte de siniestralidad vial periodo mayo a octubre de 2023 - (invias). (anexo 1) información entregada por el instituto nacional de vías de Colombia (invias), en respuesta a solicitud vía correo electrónico por, Rodrigo Osorio Tovar, director territorial del Quindío.

La vía Calarcá - Cajamarca, como corredor vial crucial para el transporte de carga y pasajeros, ha experimentado fluctuaciones significativas en el tráfico a lo largo de los años. El análisis detallado de los índices de tránsito promedio diario (TPDA) y tránsito promedio mensual (TPDM) revela patrones estacionales y mensuales que influyen en el volumen y la composición del tráfico. Además, al comparar los datos de tráfico entre los años 2019 y 2022, se observan diferencias notables, destacando el impacto de la pandemia de Covid-19 en la reducción del tráfico durante el año 2020. Sin embargo, el año 2022 muestra una recuperación significativa en el volumen de tráfico, con valores consistentes y enérgicos en ambos túneles.

En conjunto, estos datos resaltan la necesidad crítica de acciones proactivas y coordinadas para mejorar la seguridad vial en los corredores de Calarcá y Cajamarca. Esto incluye la implementación de medidas de prevención de siniestros viales, la mejora de la infraestructura vial, la promoción de la educación vial y la aplicación de leyes de tránsito más estrictas.

### 3.3 Identificar el tramo con mayor siniestralidad vial de conformidad con los índices que se han generado y que mejor se acomode a la topografía.

En el contexto de la vía Calarcá - Cajamarca, se han registrado múltiples eventos que resaltan la urgencia de abordar la seguridad vial en esta importante ruta. A continuación, se muestra una tabla que resume los siniestros viales ocurridos a lo largo de la existencia de este tramo:

**Tabla 13.**  
*Siniestros viales sobre la línea*

Fecha	Túnel	Afectados	Descripción	Característica
04/01/2022	Los venados	8 personas fallecidas y 35 heridas	Una tractomula perdió los frenos y chocó con 17 vehículos	6 menores de edad y 27 adultos viajan en vehículos livianos, carga pesada y pasajeros
11/02/2022	Las mariposas	Conductor de camión y personas que se transportaban en bus. Resultaron 3 heridos	Perdió el control, la aguja de aire empezó a bajar y fallaron los frenos del camión	Camión y bus quedaron atravesados sobre la vía
03/06/2023	Mono aullador	Conductor de camión y un motociclista	Presento fallas en los frenos	Tractocamión volcó en la entrada del túnel

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

Fecha	Túnel	Afectados	Descripción	Característica
21/02/2021	Corredor alto de la línea	Un conductor herido, el otro ileso	Se quedó sin frenos una de las tractomulas	Dos tractomulas
17/12/2021	Túnel de la línea	Los conductores resultaron heridos	Furgón que transportaba vidrio chocó con camión que transportaba sulfato de aluminio	Provocó daño de la válvula de camión
22/09/2022	Corredor alto de la línea	2 mujeres muertas y 25 personas heridas	Chiva que transportaba indígenas se accidentó	Descenso peligroso y falla en el sistema de frenos
19/08/2022	Kilómetro 11	1 muerto y 2 personas heridas	Perdió los frenos y chocó con otros dos tractocamiones	Tres tractocamiones
21/12/2023	León de la montaña	0 afectados	Perdió el control y volcó, luego de una colisión contra una de las paredes del lugar	Un tractocamión
21/12/2023	Mono aullador	0 afectados	Volcamiento lateral	Camión tipo turbo

*Nota.* La tabla 13 detalla un registro de los siniestros viales ocurridos en la vía “La Línea”, desde 2021 hasta 2023, detallando la fecha, el túnel o corredor donde sucedió, el número de afectados, y la descripción de cada incidente, destacando la prevalencia de fallas en los frenos y los múltiples siniestros viales que involucran vehículos pesados. Adaptado de noticias locales ([Arenas, 2022](#)); ([Semana, 2022](#)); ([Ramos-Gámez, 2023](#)); ([El Tiempo, 2021](#)); ([Noticias Caracol, \(2022\)](#)).

Tomando como referencia la tabla anterior sobre los datos encontrados, se eligen dos sitios críticos para resaltar la gravedad de la situación en la vía Calarcá - Cajamarca. Los siniestros viales presentan una variedad de causas, como fallas en los frenos, pérdida de control del vehículo y condiciones peligrosas de la vía. La mayoría de los incidentes involucran a vehículos pesados como tractomulas, reflejando la complejidad y los desafíos asociados con la topografía y las condiciones de la ruta, destacando la urgencia de abordar la seguridad vial en esta importante vía de comunicación.

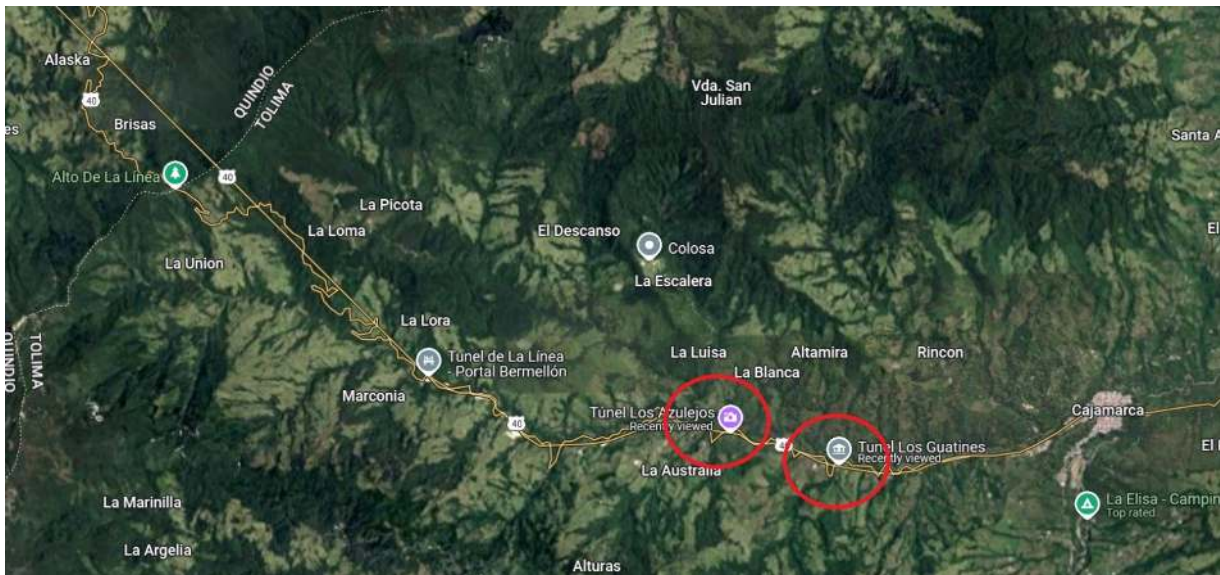
A continuación, se presentará un mapa que muestra los sitios identificados de mayor siniestralidad vial en la zona comprendida desde Calarcá hasta Cajamarca, pasando por el túnel



Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

de la línea y el alto de la línea. Este mapa proporcionará una visualización clara de las áreas críticas donde se han registrado incidentes viales con mayor frecuencia. Mediante la representación geoespacial de estos sitios, se podrá comprender mejor la distribución de la siniestralidad vial a lo largo de esta importante ruta, lo que ayudará en la planificación y ejecución de medidas de seguridad específicas para cada tramo.

**Figura 25.**  
*Sectores identificados de mayor siniestralidad vial Calarcá - Cajamarca*



*Nota.* La figura 25 muestra los sectores mayor siniestralidad vial en el tramo de la carretera entre Calarcá y Cajamarca, señalados con círculos rojos, destacando las áreas con alta incidencia de siniestros viales, especialmente en zonas con curvas pronunciadas y descensos peligrosos. Tomado de [Google Maps \(2024\)](#).

En seguimiento a las noticias sobre siniestros viales ubicados en la zona, se han identificado áreas críticas, como el corredor del cruce de la cordillera central, el túnel Los Venados y el túnel Los Azulejos del corredor Calarcá – Cajamarca, donde la frecuencia de

siniestros viales ha sido notable. Estos hallazgos se complementan con eventos específicos, como el siniestro vial de un vehículo cisterna que perdió el control y volcó sobre el carril de ascenso en dirección a Cajamarca, generando heridos y afectando la movilidad en la vía ([Semana, 2023](#)). Adicionalmente, en el año 2022 en el túnel los venados se presentó un evento ocasionado por la pérdida de control de una tractomula y un choque múltiple entre un tractocamión y otros vehículos, evidencian la complejidad y los desafíos asociados con la topografía y las condiciones de esta ruta ([Infobae \(2022\)](#)).

De acuerdo con la noticia tomada de Red, en donde se detalla el testimonio de conductores, como Pedro Mora, el cual destaca la dificultad de transitar por esta vía, especialmente en el túnel Los Venados, señalando tramos peligrosos para vehículos con cargas pesadas. Además, relatos de siniestros viales pasados, como el sucedido en el alto de la línea con un tractocamión sin frenos, subrayan la gravedad de la situación, resultando en numerosos heridos y pérdidas de vidas ([Bautista, 2023](#)).

**Figura 26.**

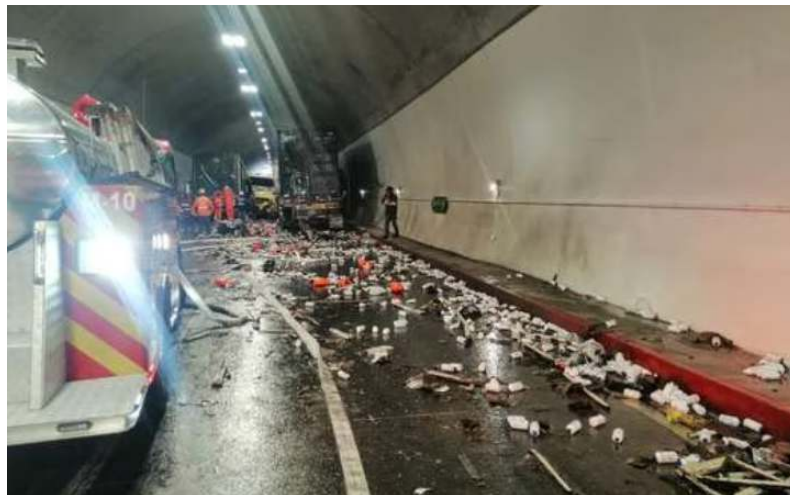
*Corredor del cruce de la cordillera central, específicamente sobre la vía de descenso del túnel Los Azulejos sentido Calarcá (Quindío) – Cajamarca (Tolima).*



*Nota.* La figura 26 es la imagen que muestra la entrada al túnel los Azulejos, mostrando un siniestro vial donde un vehículo tractocamión cargado con material de construcción, colisionó con otro vehículo de carga. Tomado de [Gobernación del Tolima \(2024\)](#).

**Figura 27.**

*El túnel los venados, que queda sobre el tramo de la línea que conecta a Calarcá con Cajamarca.*



*Nota.* La imagen muestra el interior del túnel Los Venados, ubicado en el tramo de la Línea que conecta Calarcá con Cajamarca, mostrando los restos de un siniestro vial reciente que involucró un vehículo pesado. Tomado de [Infobae \(2022\)](#).

Con base en los datos de siniestralidad vial y la complejidad del terreno en la vía Calarcá - Cajamarca, se ha identificado un tramo específico que requiere atención prioritaria debido a la alta frecuencia de siniestros viales graves en el corredor del cruce de la cordillera central. Este tramo incluye:

- Túnel los azulejos: Zona de alto riesgo, caracterizada por pendientes pronunciadas.
- Túnel Los Venados: Sección que presenta desafíos significativos para vehículos pesados, especialmente en las entradas y salidas del túnel.

En la siguiente tabla se detalla la información obtenida por cada uno de los sitios críticos anteriormente mencionados:

**Tabla 14**  
*Geometría de los sitios críticos*

Punto crítico	Abcisado	Longitud	Pendiente
Túnel Los Azulejos	Kilómetro 32+000	60 metros	4%
Túnel Los Venados	Kilómetro 42+740	190.30 metros	6-8%

*Nota.* La tabla 14 detalla la geometría de cada uno de los tramos identificados como sitios críticos

Este proyecto de infraestructura, uno de los más importantes de Colombia, busca la conectividad entre Bogotá y el puerto de Buenaventura y también tiene como objetivo reducir significativamente el tiempo de viaje y los riesgos asociados con la topografía accidentada. Sin

embargo, la complejidad de la construcción, exacerbada por las fallas geológicas y los retrasos contractuales, ha resultado en desafíos técnicos considerables.

### 3.3.1 Perfiles de secciones transversales y sitios críticos

Para cada uno de los sitios críticos mencionados, se han generado perfiles de secciones transversales utilizando datos topográficos (ver figuras 30 y 32); permiten identificar la inclinación del terreno, la estabilidad de los taludes, y la geometría de la carretera, factores que son determinantes para la seguridad vial y la implementación de medidas correctivas; para esta zona la velocidad máxima permitida es de 60 km/h.

**Figura 28.**

*Mapa de la vía Calarcá-Cajamarca, mostrando el Túnel de la Línea y sus alrededores.*



Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

*Nota.* Mapa ilustrativo del tramo vial entre Calarcá y Cajamarca, destacando el Túnel de la Línea de 8,58 km y los portales Galicia y Bermellón, así como la distribución de la vía actual y la nueva calzada unidireccional. Tomado del artículo “*Vea el mapa y la ruta que seguirá el túnel de la Línea*” en [\(Vanguardia, 2020\)](#).

### **Perfil Transversal 1: Corredor del Cruce de la Cordillera Central – Túnel Los Azulejos:**

esta sección presenta un descenso abrupto con una inclinación promedio de 6% a 8%, con un ancho de carril de 3.65 m (figura 30).

**Figura 29.**  
*Túnel Los Azulejos*



*Nota.* Vista de la entrada al túnel los azulejos del tramo Calarcá a Cajamarca. [El Espectador \(2021\)](#).

**Figura 30.**  
*Perfil Transversal del túnel Los Azulejos / La Línea*



Nota. Perfil transversal 1 – Túnel Los Azulejos. Tomado de Google Earth

**Perfil Transversal 2: Entrada/Salida del Túnel Los Venados:** la entrada y salida del túnel presentan una transición entre zonas planas y pendientes que puede ser crítica para vehículos que han perdido el control en el tramo anterior; la posibilidad de implementar rampas de frenado es limitada debido a la topografía (figura 32).

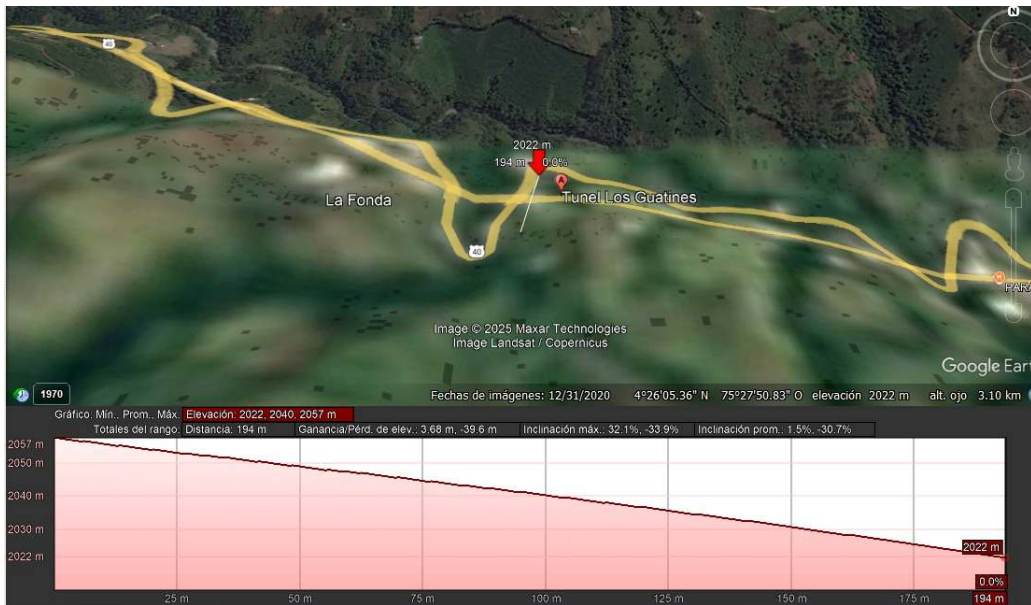
**Figura 31.**  
*Entrada y salida del túnel Los Venados / La Línea*



*Nota. Panorama visual – Túnel los Venados. Tomado y adaptado de video de YouTube “Túnel Los Venados en La Línea - Descenso peligroso” [El Propio HG \(2022\)](#).*

**Figura 32.**  
*Perfil Transversal del túnel Los Venados / La Línea*





Nota. Perfil transversal 2 – Túnel los Venados. Tomado de Google Earth

### 3.3.2 Descripción técnica de los Sitios Críticos Identificados

El mapa topográfico (ver figura 34) muestra una región con una topografía complicada, caracterizada por altos picos y profundos valles, lo que impone desafíos significativos para el tránsito y la seguridad vial. Los tramos críticos incluyen el Alto de La Línea y el descenso hacia Cajamarca, donde la combinación de pendientes pronunciadas, curvas cerradas y condiciones geotécnicas difíciles requiere una infraestructura bien planificada, con elementos para mitigar los riesgos.

En relación con la información del mapa topográfico:

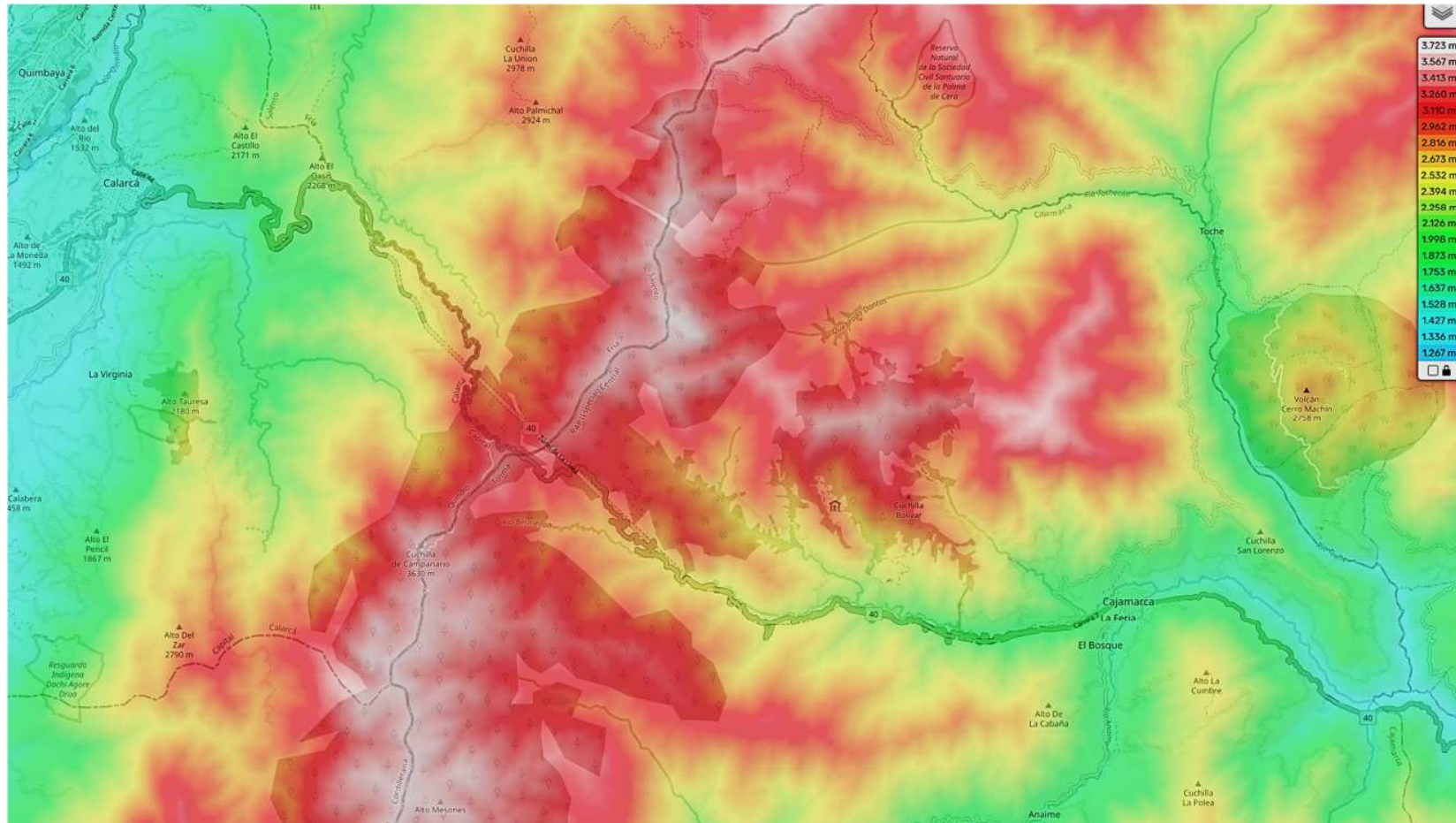
- **Los colores “Rojo y Naranja” (Zonas Altas):** indican las áreas de mayor elevación, que en este caso corresponden a las cumbres y picos montañosos; estas áreas suelen ser

las más complicadas en términos de construcción de infraestructura debido a su altitud y a las pendientes pronunciadas.

- **Los colores “Verde y Azul” (Zonas Bajas):** representan las áreas de menor altitud, correspondientes a los valles y zonas más planas; son áreas generalmente más fáciles de transitar y desarrollar, aunque también pueden presentar desafíos como la presencia de ríos o suelos blandos.
- **Alto de la línea:** la zona del alto es visible en el área con coloración roja oscura, lo que indica una elevación significativa. Este es uno de los puntos más críticos en términos de pendientes pronunciadas y curvas cerradas, lo que dificulta el tránsito de vehículos pesados.
- **Descenso hacia Cajamarca:** el cambio de color de rojo a verde en la dirección hacia Cajamarca indica una reducción en la altitud. Este descenso es donde se presenta una gran cantidad de curvas y pendientes, aumentando el riesgo de siniestros viales, especialmente en condiciones meteorológicas adversas.

**Figura 33.**

*Mapa topográfico de vía Calarcá a Cajamarca*



*Nota.* Tomado y adaptado de Satellites Pro (2023).

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

El Cruce de la Cordillera Central, que conecta a Cajamarca (Tolima) con Calarcá (Quindío), incluye 25 túneles, 31 viaductos y 3 intercambiadores viales, conformando un total de 30 km de doble calzada ([Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2022](#)). Además, cuenta con:

- Un Centro de Control de Operaciones (CCO)
- Subestaciones eléctricas
- Salas técnicas
- Estaciones de bombeo y de peaje
- Sensores medioambientales
- Cámaras de vigilancia (CCTV)
- Señalización con línea de atención al usuario
- Siete sistemas de gestión que incluyen Energía, Ventilación, Iluminación, Detección Automática de Incidentes (DAI), Detección y Extinción de Incendios, Control de Tráfico y Comunicaciones.
- Emisora que emite recomendaciones de seguridad y alertas para los usuarios en tiempo real.

#### **Descripción técnica de tramos**

- **Calarcá a Alto de La Línea:** este tramo muestra un ascenso continuo, pasando por varias zonas con elevaciones significativas (marcadas en rojo), lo que sugiere que el camino debe sortear pendientes pronunciadas. Este tipo de terreno es propenso a

deslizamientos y requiere un manejo cuidadoso de la velocidad por parte de los conductores.

- **Alto de La Línea a Cajamarca:** a partir del punto más alto, la vía desciende bruscamente hacia Cajamarca, pasando por zonas con menor altitud (verde y azul). Este descenso presenta curvas peligrosas y es crítico para la seguridad vial debido a la combinación de velocidad, inclinación y la necesidad de frenar constantemente.

#### **Ancho de la calzada**

- **Calzada derecha:** el ancho promedio de la calzada derecha es de 3.65 metros, con carriles que permiten el paso de vehículos pesados. Sin embargo, en varios tramos, el ancho se reduce debido a la presencia de taludes y barrancos que limitan el espacio disponible. La calzada derecha está diseñada para el ascenso hacia el alto de la línea. Este tramo es crítico debido a la necesidad de vehículos pesados de mantener velocidades bajas, lo que puede causar congestión y aumentar el riesgo de siniestros viales en condiciones de tráfico intenso.
- **Calzada izquierda:** similar a la calzada derecha, la calzada izquierda también mantiene un ancho promedio de 3.65 metros, pero presenta mayores desafíos en áreas donde la topografía exige un radio de curvatura reducido, incrementando el riesgo de siniestros viales; la calzada izquierda, utilizada principalmente para el descenso, es especialmente peligrosa debido a la combinación de pendientes pronunciadas y curvas cerradas. En varios puntos, la calzada se estrecha y se encuentra flanqueada

por barrancos, lo que incrementa la probabilidad de siniestros viales en caso de pérdida de control.

### **Curvatura y pendientes**

- **Curvas:** la vía presenta curvas con radios que varían entre 30 y 50 metros en los tramos más críticos, lo que requiere que los vehículos reduzcan significativamente su velocidad. Estas curvas son especialmente peligrosas en condiciones de baja visibilidad o cuando el pavimento está mojado.
- **Pendientes:** las pendientes a lo largo del trayecto alcanzan inclinaciones de hasta 10%, especialmente en las zonas de descenso hacia Cajamarca. Estas pendientes, combinadas con las curvas cerradas, generan un riesgo considerable de pérdida de control de los vehículos, particularmente para los vehículos de carga.

### **Elementos de contención y seguridad**

A lo largo de los tramos más peligrosos, se han instalado barandas de seguridad para evitar que los vehículos se salgan de la vía. Sin embargo, en algunos puntos, la efectividad de estas barreras es limitada debido a la antigüedad o al deterioro de los materiales. En los tramos de la carretera a cielo abierto, se han instalado 40 dispositivos como semáforos, paneles de mensajes variables, controladores de velocidad, y sistemas de iluminación en los portales de entrada y salida de los 24 túneles. Además, cuenta con 3.252 elementos de señalización vial para garantizar un adecuado control del tráfico. Todos los viaductos también están iluminados; El corredor vial ofrece servicios gratuitos para los usuarios, incluyendo 4 ambulancias

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes medicalizadas, 3 brigadas de bomberos, 4 grúas y 2 vehículos taller para asistencia en carretera, sin embargo, dadas las condiciones técnicas específicas de cada tramo, túnel y vía, la construcción de rampas de frenado de emergencia no es viable ([Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2022](#)).

### **Condiciones del pavimento**

El pavimento en este tramo presenta desgaste debido al tráfico constante de vehículos pesados. En varios segmentos, se han identificado fisuras y deformaciones que podrían contribuir al riesgo de siniestros viales, especialmente bajo condiciones de lluvia.

### **3.3.3 Consideraciones geotécnicas para la implementación de rampas de frenado**

La construcción de rampas de frenado en voladizo se considera en tramos donde las características del terreno no permiten rampas convencionales. Un estudio geotécnico será necesario para evaluar la viabilidad de estas soluciones, considerando factores como la estabilidad del suelo, la resistencia de los materiales, y la interacción con la infraestructura existente. Las fallas geológicas, como la Falla La Soledad, presentan desafíos adicionales que requieren soluciones avanzadas, como la implementación de arcos flexibles para soportar el peso de la cordillera.

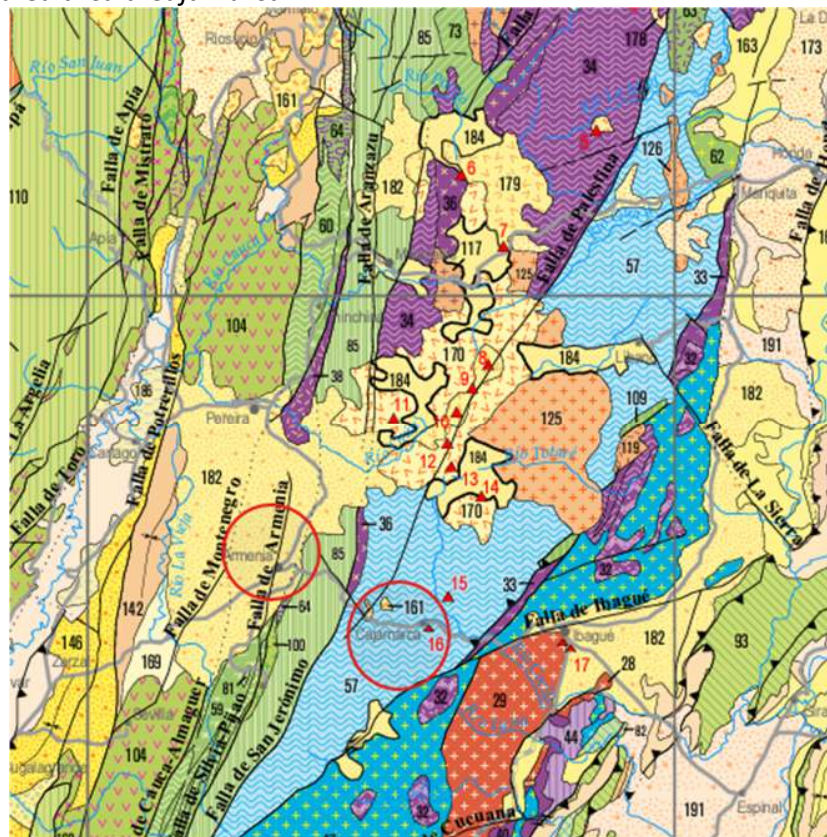
En el caso específico del Túnel de La Línea, la Falla La Soledad representa uno de los desafíos geotécnicos más significativos durante la construcción del túnel. Esta falla se encuentra

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

en la zona más crítica del túnel, justo debajo de la cumbre de la cordillera central, donde la montaña ejerce una enorme presión sobre la estructura subterránea ([Palmira, 2002](#)).

- **Características geológicas:** la Falla de La Soledad es un área donde las rocas son más inestables debido a la fractura y el desplazamiento ocurrido en el pasado geológico. Estas condiciones aumentan el riesgo de movimientos y desplazamientos de las rocas, lo que puede comprometer la estabilidad del túnel ([Palmira, 2002](#)). Sin embargo, esta falla es una estructura geológica interna y no una característica superficial reconocida, su representación en mapas estándar es limitada (ver figura 34).

**Figura 34.**  
*Mapa geológico vía Calarcá a Cajamarca*





*Nota.* Tomado de “*Mapa Geológico de Colombia 2023. Escala 1:1 500 000*”. Servicio Geológico Colombiano. Compilado por [Gómez et al. \(2023\)](#).

**3.4 Determinar la factibilidad técnica de la implementación de rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá hacia Cajamarca, teniendo en cuenta la adecuación a las condiciones específicas de la carretera y la topografía de la zona.**

El análisis detallado de la topografía y las condiciones específicas de la vía Calarcá - Cajamarca, en conjunción con el informe de [Vega-Acero \(2020\)](#) ha arrojado conclusiones relevantes para determinar la factibilidad de la implementación de rampas de frenado de emergencia en esta carretera. La cordillera central, que atraviesa la región, juega un papel fundamental en el sistema hidrológico, afectando tanto la generación de escorrentía como la recarga de acuíferos. El comportamiento del flujo de agua en el macizo cristalino, influenciado por la interacción de redes de fracturas y zonas de recarga y descarga, agrega una capa adicional de complejidad a la evaluación de la viabilidad de las rampas de frenado ([Mejía et al., 2021](#)).

El macizo, compuesto por rocas ígneo-metamórficas fracturadas y depósitos no consolidados de ceniza volcánica, presenta una complejidad estructural marcada por la presencia de numerosas fallas y zonas de diaclasamiento. La serie de rocas ígneo-metamórficas, incluyendo

intrusiones terciarias de pórfido andesítico<sup>3</sup>, destaca la diversidad litológica del macizo, lo que influye directamente en su comportamiento mecánico. La presencia de la falla campanario y otras zonas de fracturamiento como La Gata, Galicia, El Portal, Y La Cristalina, revelan la alta fracturación estructural, mientras que la dirección de las fallas, especialmente aquellas con orientación n-s, adquiere relevancia hidrogeológica ([Vega-Acero, 2020](#)).

La inclusión y construcción del túnel principal identificó zonas adicionales de alto diaclasamiento y deformación, como la falla el campanario, la chinita, del alto de la línea y los chorros, que no fueron previstas en los estudios iniciales. Este hallazgo subraya la complejidad geotécnica del macizo y la necesidad de considerar cuidadosamente estas características en la planificación de infraestructuras viales.

La declaración del director de [Invías \(2022\)](#) subraya que, en el sector del Tolima, específicamente en sus 9 kilómetros, no es factible construir rampas de frenado debido a la configuración geográfica de la vía. La presencia de túneles y viaductos limita la posibilidad de anchar un túnel o construir un viaducto solo para albergar una rampa de frenado. En este contexto, las condiciones climáticas y la gestión del agua se erigen como elementos cruciales para la factibilidad de las rampas de frenado. Las intensas lluvias, comunes en áreas montañosas, pueden desencadenar deslizamientos de tierra, inundaciones y desprendimientos de rocas, afectando la seguridad vial y la eficacia de las rampas. La correcta canalización de las aguas

---

<sup>3</sup> Presencia de cuerpos de roca ígnea que se formaron durante el período terciario.

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes  
de accidentes

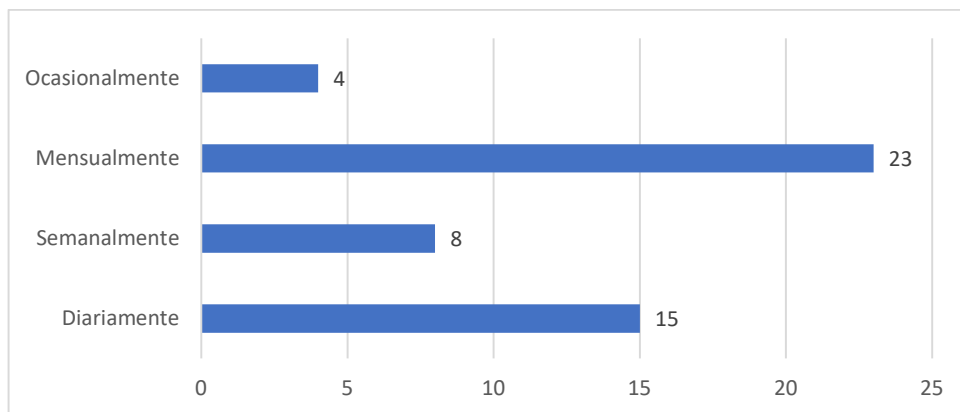
pluviales se convierte, entonces, en un aspecto fundamental del diseño y funcionamiento de estas infraestructuras.

En síntesis, la factibilidad de implementar rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá - Cajamarca se ve fuertemente condicionada por la topografía específica, la presencia de túneles y viaductos, así como las características hidrogeológicas y climáticas de la región. La seguridad vial y la eficacia de estas infraestructuras deben ser cuidadosamente evaluadas a la luz de estos elementos para determinar su viabilidad en este corredor vial.

### **3.4.1 Análisis de encuesta sobre experiencias y percepciones de conductores en la vía Calarcá - Cajamarca**

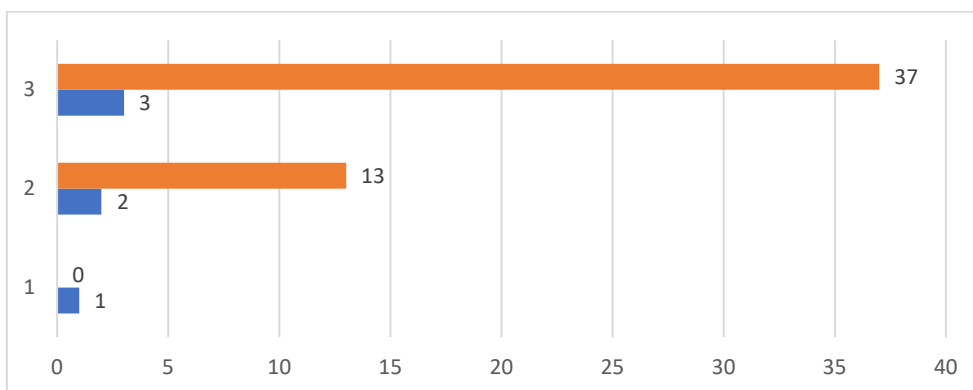
La encuesta, aplicada a una muestra representativa de 50 conductores que transitan por la vía Calarcá - Cajamarca, arrojó resultados esclarecedores sobre la percepción y experiencias de los usuarios en relación con la seguridad y condiciones de la carretera, el formato de la encuesta se tomó como base el realizado por [\(Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez, pag. 70, 2020\)](#).

**Figura 35.**  
*Frecuencia de uso de la vía Calarcá - Cajamarca*



*Nota.* Representación gráfica de la frecuencia de uso de la vía Calarcá - Cajamarca, donde se observa que la mayoría de los usuarios la utilizan mensualmente (23) y un número significativo la transita diariamente (15). Autoría propia (2024) adaptada de [Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez \(2020\)](#).

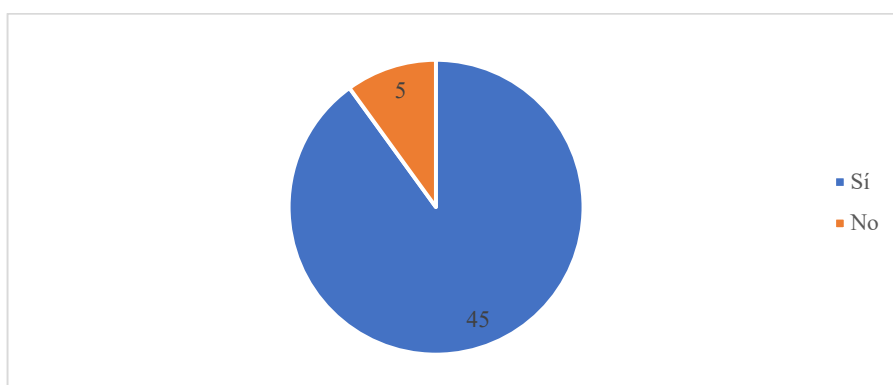
**Figura 36.**  
*Estado general de la carretera*



*Nota.* Evaluación del estado general de la carretera, indicando que la mayoría de los encuestados considera la carretera en estado 3 (deficiente), con 37 respuestas, mientras que pocos la califican en los niveles más bajos de 1 o 2. Autoría propia (2024) adaptada de [Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez \(2020\)](#).

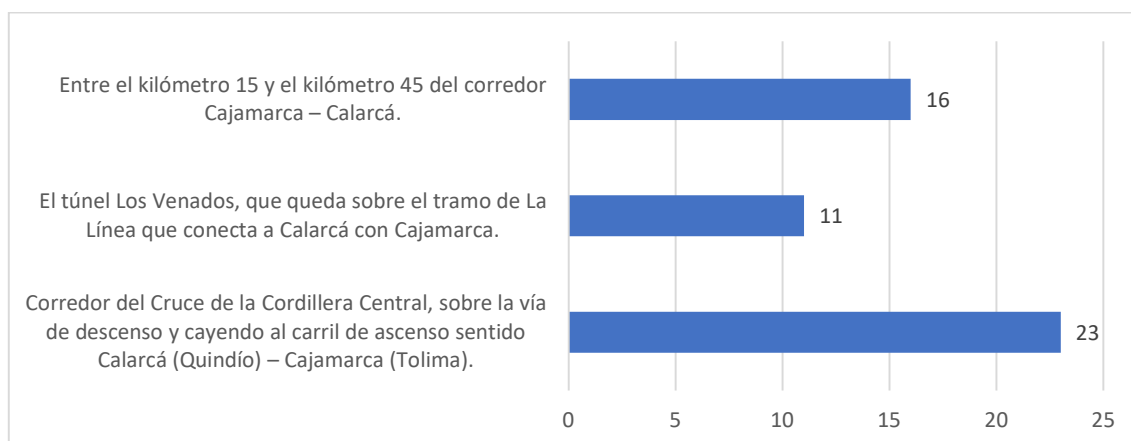
En términos de frecuencia de uso, se observa que el 46% de los conductores utiliza la vía mensualmente, indicando una presencia constante en la zona. La mayoría de los encuestados (74%) calificó el estado general de la carretera como aceptable (calificación 3), señalando una percepción mayoritariamente positiva del estado de la infraestructura vial.

**Figura 37.**  
*Situaciones de tráfico intenso y congestión en la vía*



*Nota.* La gráfica muestra la frecuencia con la que se presentan situaciones de tráfico intenso y congestión en la vía Calarcá - Cajamarca, con respuestas de los encuestados sobre experiencias personales. Autoría propia (2024) adaptada de [Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez \(2020\)](#).

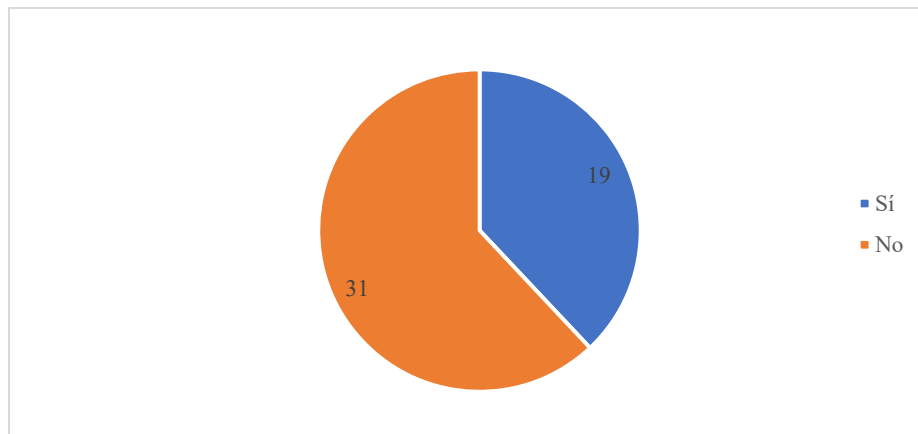
**Figura 38.**  
*Tramos más críticos o problemáticos de la vía Calarcá - Cajamarca*



*Nota.* La figura 33 ilustra la identificación de tramos específicos que presentan mayores riesgos o problemas para los conductores, según la encuesta realizada. Autoría propia (2024) adaptada de [Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez \(2020\)](#).

Sin embargo, el 90% de los conductores informó haber experimentado situaciones de tráfico intenso, destacando la presencia de condiciones congestionadas en ciertos momentos. Este dato se correlaciona con las respuestas sobre tramos críticos, donde el 46% identificó el corredor del cruce de la cordillera central como el tramo más problemático.

**Figura 39.**  
*Presencia de siniestros viales en la vía Calarcá - Cajamarca*

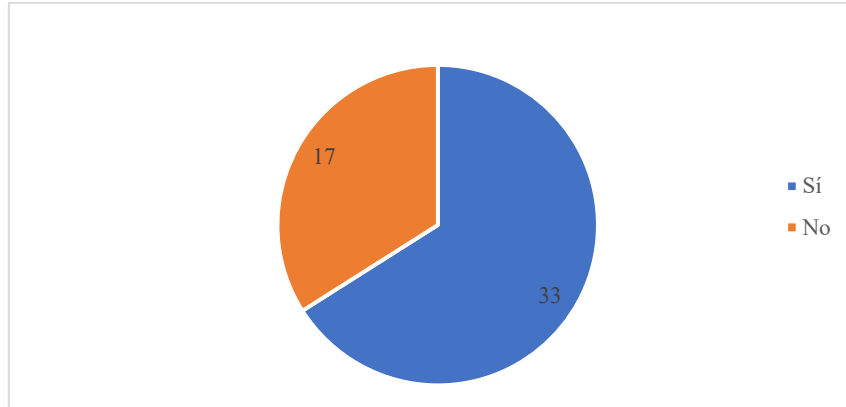


*Nota.* En esta gráfica se observa el porcentaje de encuestados que han presenciado o han estado involucrados en siniestros viales en la vía Calarcá - Cajamarca. Autoría propia (2024) adaptada de [Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez \(2020\)](#).

En relación con la seguridad vial, el 38% de los conductores indicó haber presenciado o estado involucrado en algún siniestro vial en la vía. Aunque no es la mayoría, este porcentaje sugiere desafíos en términos de seguridad que deben ser considerados y abordados.

**Figura 40.**

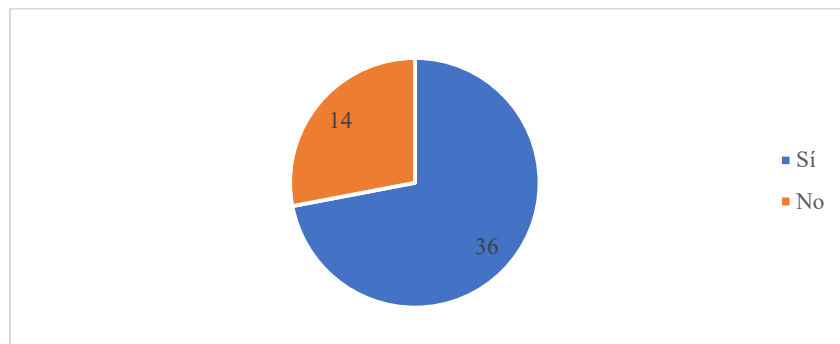
*Nivel de conocimiento sobre la existencia de rampas de frenado de emergencia*



*Nota.* El diagrama muestra la proporción de encuestados que conocen la existencia de rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá - Cajamarca. Autoría propia (2024) adaptada de [Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez \(2020\)](#).

**Figura 41.**

*Efectividad para garantizar la seguridad vial en pendientes pronunciadas*



*Nota.* Esta gráfica representa la opinión de los encuestados sobre la efectividad de las rampas de frenado de emergencia como medida de seguridad en tramos de pendientes pronunciadas de la vía. Autoría propia (2024) adaptada de [Gutiérrez-Barrera & Cubillos-Rodríguez \(2020\)](#).

El nivel de familiaridad con las rampas de frenado de emergencia es considerable, ya que el 66% de los conductores indicó estar al tanto de su existencia. Además, la percepción de la

efectividad de estas rampas es mayoritariamente positiva, con el 72% creyendo que son una medida eficaz para garantizar la seguridad vial en pendientes pronunciadas.

Los resultados de la encuesta muestran preocupaciones sobre el tráfico intenso y la seguridad vial, lo que subraya la necesidad de explorar otras medidas para mejorar la seguridad en la vía. Aunque los conductores están familiarizados con las rampas de frenado y perciben positivamente su efectividad, la viabilidad técnica de su implementación en la vía Calarcá - Cajamarca es limitada por las condiciones físicas y geológicas de la carretera. En consecuencia, se requiere un enfoque integral que considere alternativas para mejorar la seguridad vial en esta importante ruta.



## **Conclusiones y recomendaciones**

El análisis detallado de la evaluación para la implementación de rampas de frenado en la vía Calarcá - Cajamarca revela una compleja red de factores que influyen en la seguridad vial en este tramo crucial. Desde la variabilidad en la frecuencia y tipos de eventos hasta las particularidades geológicas del terreno, cada componente desempeña un papel fundamental en el panorama de la siniestralidad vial, generando así la necesidad de estrategias adicionales. A pesar del significativo avance que representa la implementación del túnel de la línea, la persistente tasa de siniestros viales resalta la importancia de explorar enfoques adicionales y adaptados a las complejidades de la vía, considerando que la seguridad vial es un desafío en constante evolución y las soluciones deben ser flexibles y adaptables a las condiciones cambiantes.

En respuesta a este análisis, se derivan conclusiones y recomendaciones específicas. Se ha identificado una diversidad de vehículos involucrados en los incidentes, desde automóviles hasta camiones de carga pesada, lo que indica la necesidad de medidas de seguridad personalizadas para cada tipo de vehículo. Además, se han señalado áreas críticas como el túnel de los azulejos y el túnel los venados, donde la siniestralidad vial es más frecuente, lo que respalda la implementación de medidas preventivas y correctivas en estos lugares.

Una de las condiciones clave para la construcción de rampas de frenado antes y después de un túnel es la disponibilidad de espacio. Después de analizar las condiciones de los puntos críticos de siniestralidad, especialmente en áreas donde se encuentran túneles y viaductos, se

concluye que la construcción de una rampa de frenado no es viable en estos casos por varias razones técnicas y operativas. En primer lugar, los túneles y viaductos suelen tener limitaciones de espacio físico que dificultan la implementación de infraestructuras adicionales, como rampas de frenado, sin comprometer la seguridad de los usuarios o la estabilidad de la estructura existente. Además, las características geográficas y estructurales de estas áreas no permiten la creación de pendientes adecuadas para una rampa de frenado sin modificar significativamente el diseño original, lo que podría resultar costoso y logísticamente complejo.

Asimismo, en los túneles, las condiciones de ventilación y la posibilidad de congestión de tráfico en situaciones de emergencia agravan aún más la factibilidad de implementar una solución de este tipo. En el caso de los viaductos, la posibilidad de aumentar la pendiente para lograr una frenada efectiva podría comprometer la estabilidad y seguridad de la infraestructura, además de afectar la circulación de los vehículos en condiciones normales.

En el caso del túnel Los Venados, su ingreso está conectado a un viaducto, y a la salida se encuentra el túnel Los Guatines, lo que limita significativamente la posibilidad de implementar una rampa de frenado en este punto crítico. De manera similar, en el túnel Los Azulejos, antes de su ingreso hay un viaducto que no ofrece el espacio necesario para la instalación de una rampa y a la salida, la conexión con otro viaducto, que además presenta una curva, agrava las restricciones para la implementación de esta infraestructura de seguridad.

Respecto a la factibilidad de las rampas de frenado, es importante destacar que su implementación implica costos significativos debido a los desafíos asociados a la topografía y la geología específica de la zona. La naturaleza montañosa y compleja del terreno puede requerir

trabajos de ingeniería especializados y costosos para la construcción de estas infraestructuras. Ante estos desafíos financieros, se hace necesario explorar alternativas innovadoras que puedan ofrecer una protección efectiva en caso de siniestros viales. Una de estas alternativas es la implementación de barras de protección antichoque más elevados, que pueden ser una solución más rentable y eficaz para reducir el impacto de los siniestros viales en tramos peligrosos de la vía.

Además, se recomienda realizar una evaluación geotécnica detallada de los tramos críticos para comprender mejor las características del terreno y adaptar las medidas de seguridad de manera más precisa. Esta evaluación permitirá identificar las áreas de mayor riesgo y diseñar soluciones específicas que se ajusten a las condiciones geológicas y topográficas únicas de la región. Por otro lado, se destaca la importancia de llevar a cabo campañas de concientización dirigidas a los conductores para informarles sobre la existencia y ubicación de las medidas de seguridad implementadas. Esta iniciativa busca aumentar la conciencia sobre los peligros de la vía y promover comportamientos seguros al volante, contribuyendo así a la reducción de siniestros viales.

Adicionalmente, se hace hincapié en la necesidad de establecer una colaboración estrecha entre entidades gubernamentales, autoridades de tránsito y expertos en ingeniería vial. Esta colaboración permitirá una planificación integral y coordinada de las medidas de seguridad, asegurando su efectividad y maximizando los recursos disponibles. En resumen, estas conclusiones y recomendaciones tienen como objetivo mejorar la seguridad vial en la vía Calarcá

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

– Cajamarca mediante la implementación de medidas adaptadas a las condiciones específicas de la zona.

### Lista de referencia

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2022, enero 12). *Obra de la Cordillera Central es una infraestructura que cumple con altos estándares internacionales y en términos de seguridad vial*. <https://ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/6567>
- Amaris Pastrana, I. M., & Mayorga Rincón, N. A. (2008). Análisis de la normatividad colombiana referente a la seguridad de los túneles viales. Trabajo de grado, universidad de la Salle, Bogotá. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/147](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/147)
- Arenas, F. (2022, enero 4). *La hipótesis detrás de accidente que dejó 8 muertos en un túnel de La Línea*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/accidente-en-un-tunel-de-la-linea-deja-7-muertos-y-33-heridos-643074>
- Bahena-Castillo, R. J. (2019). Rampa de emergencia para frenado en la carretera Cuernavaca – Cuautlixco (mex-138), tramo Yautepec– Jiutepec, ubicada en el km 19+000, en el estado de Morelos. Biosistemas y tecnología aplicada s.a. De c. V. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/mor/estudios/2020/17M02020V0001.pdf>
- Bautista, D. (05 de 11 de 2023). *“va sin frenos”: graban instante previo al accidente en la línea que causó dos muertos*. <https://redmas.com.co/colombia/va-sin-frenos-graban-instante-previo-al-accidente-en-la-linea-que-causo-dos-muertos-20231105-0015.html>
- Blog Motor Mapfre. (2019, 2 de noviembre). ¿qué son las zonas de frenado de emergencia? Motor Mapfre. <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/que-son-las-zonas-de-frenado-de-emergencia/#:~:text=superficie%20de%20detenci%c3%b3n%3a%20est%c3%a1%20cons truida,lograr%20que%20este%20se%20detenga.>

- Cobeñas-Silva, P. A. (2013). Sistemas de contención vehicular. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1751>
- Contraloría General de la República. (2018). *Informe de auditoría de desempeño a la implementación, ejecución y seguimiento del Plan Nacional de Seguridad Vial (PNSV): Periodo 2012-2017* (CGR-CDIFCEDR N°027). <https://www.fcm.org.co/wp-content/uploads/2021/04/Desempeno-Plan-Nacional-de-Seguridad-Vial.pdf>
- Cotton De León, P. C. (2016). Consideraciones para el diseño de rampas para frenado de emergencia en carreteras (tesis de licenciatura). Universidad de san Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/3328>
- Datos abiertos de Colombia. (2023). Trámites, servicios e información del estado colombiano. <https://ansv.gov.co/es/observatorio/estad%C3%ADsticas/historico-victimas>
- Delta Arquitectura. (2022). *Así es la Obra Vial más Importante de Colombia | Cruce de la Cordillera Central* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=g6KSBWXclcY>
- Dirección general de impacto y riesgo ambiental. (2020). Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional para el proyecto: “rampa de emergencia para frenado en la carretera Cuernavaca – Cuautlixco (mex-138), tramo Yautepec– Jiutepec, ubicada en el km 19+000, en el estado de Morelos”. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiradocs/documentos/mor/estudios/2020/17mo2020v0001.pdf>
- Duque Escobar, G. (2020, September 4). Túnel de la línea. Retrieved from <https://godues.wordpress.com/2020/09/04/tunel-de-la-linea/>
- El Propio HG. (2022). *Túnel Los Venados en La Línea - Descenso peligroso* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=zTVzeWR6kbE>
- El Tiempo. (2021, 21 de febrero). *Aparatoso accidente de dos tractomulas en el túnel de La Línea*. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/choque-de-tractomulas-en-el-tunel-de-la-linea-568487>

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

- Falcón-Veloz, N. L. (2019). Cinemática de las rampas de frenado de tazon. Universidad de Carabobo, facultad de ciencias y tecnología, departamento de física, apartado postal 129, valencia. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a6n1/6-1-2.pdf>
- Federal motor carrier safety administration. (2022). Large truck and bus crash facts 2020. Analysis division. [https://www.fmcsa.dot.gov/sites/fmcsa.dot.gov/files/2022-10/ltbcf%202020-v5\\_final-09-20-2022%20508%2010-3.pdf](https://www.fmcsa.dot.gov/sites/fmcsa.dot.gov/files/2022-10/ltbcf%202020-v5_final-09-20-2022%20508%2010-3.pdf)
- García Lara. (2021). ¿qué es una rampa de frenado? Totalmente reflejante. <https://www.totalmentereflejante.com/que-es-una-rampa-de-frenado/>
- Glennon, J. C. (2022). Monteagle mountain. <https://www.crashforensics.com/monteaglemountain.cfm>
- Gobierno de México. (2022). Caminos y puentes federales. Dirección técnica CAPUFE. <https://www.gob.mx/capufe>
- Gómez, J., Montes, N. E., & Marín, E. (Compiladores). (2023). *Mapa Geológico de Colombia 2023. Escala 1:1 500 000*. Servicio Geológico Colombiano. [https://www2.sgc.gov.co/MGC/Paginas/mgc\\_1\\_5M2023.aspx](https://www2.sgc.gov.co/MGC/Paginas/mgc_1_5M2023.aspx)
- Gutiérrez Barrera, J. M., & Cubillos Rodríguez, S. A. (2020). Estudiar y evaluar la operatividad de los vehículos en función de la velocidad de diseño por faltas de rampas de frenado en la concesión Briceño – Tunja - Sogamoso, bajo indicadores de accidentalidad e impacto social. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9391>
- Infobae. (2022, January 19). Invías construirá una rampa de frenado en la vía de la línea. Infobae. <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/01/19/invias-construira-una-rampa-de-frenado-en-la-via-de-la-linea/>
- Infobae. (2022, January 5). Una falla en la construcción del túnel habría ocasionado el monumental accidente en la línea. Infobae. <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/01/05/una-falla-en-la-construccion-del-tunel-habria-ocasionado-el-monumental-accidente-en-la-linea/#:~:text=este%20martes%2c%20una%20grave%20emergencia,incidente%20que%20es%20materia%20de>

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

Instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses. (2022). Forensis: grupo centro de referencia nacional sobre violencia.

[https://www.medicinalegal.gov.co/documents/20143/989825/forensis\\_2022.pdf](https://www.medicinalegal.gov.co/documents/20143/989825/forensis_2022.pdf)

Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). (2021, noviembre 12). *INVÍAS anuncia cierre total temporal entre los kilómetros 5+000 y 49+800 de la vía Calarcá - Cajamarca.*

<https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/4392-invias-anuncia-cierre-total-temporal-entre-los-kilometros-5-000-y-49-800-de-la-via-calarca-cajamarca>

Instituto nacional de vías (INVÍAS). (2024). Documentos técnicos: volúmenes de tránsito.

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/volumenes-de-transito>

Invías. (2020). Cruce de la cordillera central.

<https://crucecordilleracentral.invias.gov.co/faqs.php>

Invías. (2022, agosto 19). Invías hace un llamado de prevención a los conductores que transitan por el cruce de la cordillera central. Instituto nacional de vías.

<https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/4714-invias-hace-un-llamado-de-prevencion-a-los-conductores-que-transitan-por-el-cruce-de-la-cordillera-central>

M, D. (2012). ¿cómo es la frontera entre argentina y chile? Quora. Retrieved June 25, 2024,

<https://es.quora.com/c%3%b3mo-es-la-frontera-entre-argentina-y-chile>

Mejía, J. F., Méndez, F. V., Asaad, S. M., & Mora, E. M. (2021). Hidrogeografía de una cuenca de usos múltiples ubicada en la cordillera de la costa, Venezuela. *Cuadernos de geografía: revista colombiana de geografía*, 30(1), 217-238.

<https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n1.81737>

Ministerio de obras públicas de chile. (2017). *Ruta de la montaña*. Ministerio de obras públicas.

[https://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/00\\_Plan-Especial-de-Infraestructura-MOP-de-Apoyo-al-Turismo-Sustentable-a-2030-RM.pdf](https://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/00_Plan-Especial-de-Infraestructura-MOP-de-Apoyo-al-Turismo-Sustentable-a-2030-RM.pdf)

Ministerio de Transporte de Colombia. (2004). *Resolución 4100 de 2004: Reglamentar la tipología para vehículos automotores de carga para transporte.*

<https://mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=241>

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

Ministerio de transporte de la república de Colombia. (2008). Guía para realizar la categorización de la red vial nacional.

<https://web.mintransporte.gov.co/jspui/bitstream/001/638/1/ANEXO%205%20%20Gu%C3%9Da%20para%20la%20categorizaci%C2%BEEn%20de%20la%20Red%20Vial%20Nacional%20V%202.pdf>

Ministerio de transporte de la república de Colombia. (2023). Colombia, potencia de la vida.

<https://www.mintransporte.gov.co/buscar/?q=accidentes%20de%20transito%20en%20tunel%20de%20la%20linea%202023>

Ministerio de transporte. (2021, 29 de enero). En primeras horas de apertura aumentó más del 40% el tráfico por el corredor Calarcá – Cajamarca.

<https://mintransporte.gov.co/publicaciones/9391/en-primeras-horas-de-apertura-aumento-mas-del-40-el-trafico-por-el-corredor-calarca--cajamarca/>

Ministerio de transporte. (2022). Plan nacional de seguridad vial Colombia 2011-2021.

[https://www.nuevaleislacion.com/files/susc/cdj/conc/pnsv\\_r2273\\_14.pdf](https://www.nuevaleislacion.com/files/susc/cdj/conc/pnsv_r2273_14.pdf)

Niño-Ruiz, E. D., Allain, J. P., Montoya, J. A., Mejía Arango, J. L., Eisenhauer, M., Noriega E., M. P., Arroyave Franco, M., Álvarez-Láinez, M., Cadavid Giraldo, N., Quintero-Montoya, O. L., Ayala, O., Abello, R., & Osswald, T. (2020). *Colombia y la nueva revolución industrial: Propuestas del foco de tecnologías convergentes e industrias 4.0* (Vol. 9). Vicepresidencia de la República de Colombia, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

<https://doi.org/10.17230/9789585135116vdy>

Noticias Caracol. (2022, 22 de septiembre). *Chiva que transportaba a indígenas se accidentó en La Línea: hay dos muertos y 25 heridos.*

<https://www.noticiascaracol.com/colombia/chiva-que-transportaba-a-indigenas-se-accidento-en-la-linea-hay-dos-muertos-y-25-heridos-rg10>

Núñez Moscoso, J. (2017). Los métodos mixtos en la investigación en educación: hacia un uso reflexivo. *Cadernos de pesquisa*, 47(164), 632-649.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6054869>



Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes

- Palmira. (2002). *Reconocimiento geológico y geomorfológico*.  
<https://palmira.gov.co/planeacion/wp-content/uploads/pot/potmoderno/CAPITULO%2002-%20Geologia.pdf>
- Quintero-Martínez, K. V. (2022, 28 de enero). ¿colombia hace lo suficiente por la seguridad vial? *El espectador*. <https://www.elespectador.com/economia/colombia-hace-lo-suficiente-por-la-seguridad-vial/>
- Ramos Gámez, A. F. (2023, junio 4). *Accidente en Túnel de La Línea dejó una persona lesionada*. Crónica del Quindío. <https://cronicadelquindio.com/noticias/judicial/accidente-en-tunel-de-la-linea-dejo-una-persona-lesionada>
- Regalado-Cajamarca, E. P., & Salazar-Cabrera, R. P. (2021). Propuesta de diseño de una zona de frenado de emergencia en el cantón girón. Universidad politécnica salesiana sede cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21430/1/ups-ct009418.pdf>
- Satellites Pro. (2023). Mapa de Calarcá, región de cauca, Colombia. <https://satellites.pro/mapa-de-calarca-region-de-cauca-colombia#google-vignette>
- Secretaría de movilidad. (2002). Ley 769 de 2002: código nacional de tránsito. Movilidad Bogotá. [https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito\\_3704\\_0.pdf](https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf)
- Semana. (2022, febrero 11). *Nuevo accidente en uno de los túneles de La Línea*. <https://www.semana.com/actualidad/articulo/nuevo-accidente-en-uno-de-los-tuneles-de-la-linea/202218/>
- Semana. (28 de diciembre de 2023). Atención | grave accidente de un camión cisterna en la vía Calarcá - Cajamarca. El conductor falleció tras el volcamiento y hay cierre total de la línea. <https://www.semana.com/nacion/armenia/articulo/atencion-grave-accidente-de-un-camion-cisterna-en-la-via-calarca-cajamarca-el-conductor-fallecio-tras-el-volcamiento-y-hay-cierre-total-de-la-linea/202355/>
- Vanguardia. (2020, septiembre 4). *Vea el mapa y la ruta que seguirá el Túnel de la Línea*. <https://www.vanguardia.com/colombia/2020/09/04/vea-el-mapa-y-la-ruta-que-seguira-el-tunel-de-la-linea/>

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes



Vega-Acero, J. A. (2020). Diagnóstico y evaluación de la PTAR túnel de la línea. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito.

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1189/vega%20acero%2c%20jose%20alexander-2020.pdf?sequence=1&isallowed=y>


## Anexos

### Anexo 1.

Respuesta petición de información invias (2023).



Fecha: 2023-10-09 15:41:33  
Radicado: 2023S-VQUI-011013  
Estado: SERGIO RAMOS  
Código: 00000000000000000000  
Número: 0



Al contestar cite este radicado: 2023S-VQUI-011013  
Fecha: 2023-10-09 15:41:33

Señor (a):  
SERGIO RAMOS, DIEGO HERNANDES

sergioramos@gmail.com

Asunto: RESPUESTA PETICION DE INFORMACION 2023E-VUVRAZ013975

Respetados Señores,

En atención a su petición mediante la cual se solicitó a esta Dirección Territorial la siguiente información; "...datos reales de la tasa de accidentalidad de la zona vehículos involucrados y causales de estos. simultáneamente intento verificar la funcionalidad de rampas de frenado de emergencia para esta vía que presenta una topografía característica...", al respecto le informo que a continuación se describe la información solicitada, la cual fue registrada en campo por parte del Contratista encargado de la operación y mantenimiento del corredor vial Calarcá – Cajamarca, contrato 953/2023.

**Reporte de accidentalidad periodo Mayo 1 a octubre 1 de 2023:**

**Numero de eventos presentados:** 2750 eventos. (colisiones, Atenciones a la comunidad, Atención de derrames, atención de derrumbes, atenciones médicas, auxilio vial, varados, etc.)

**Tasa de accidentalidad:** de los 2750 eventos presentados, 206 son accidentes, los cuales representan el 7.49% de todos los eventos presentados en el corredor.

**Vehículos involucrados:** De los 206 accidentes presentados la distribución de los vehículos involucrados es la siguiente:

Automóviles: 78 accidentes (37,86%)  
Bus: 6 accidentes. (2.91%)  
Camión: 21 accidentes (10.19%)  
Motocicleta: 73 accidentes (35.44%)

---

Instituto Nacional de Vías  
PBX: (+57) 601 377 0600 Línea gratuita: 018000117844  
<http://www.invias.gov.co>  
Correo Institucional: [atencionciudadano@invias.gov.co](mailto:atencionciudadano@invias.gov.co)

1/2

Evaluación para implementación de rampas de frenado de emergencia, en la vía Calarcá - Cajamarca, prevención de accidentes



*Tractocamiión: 28 accidentes (13.59%)*  
**Principales Causales de estos accidentes:**  
*Colisión/choque: 112 eventos.*  
*Desprendimiento de carga: 1 evento.*  
*Volcamiento de vehículo: 93 eventos.*

Cordial saludo,

Rodrigo Osorio Tovar  
DIRECTOR TERRITORIAL QUINDÍO (E)

Proyectado Por: MARIO FERNANDO GELVES GUZMAN  
Revisado Por:

**Anexo 2.**

*Formato Encuesta (2024).*

**Encuesta de Investigación**

Encuesta para evaluar la implementación de rampas de frenado de emergencia en la vía Calarcá – Cajamarca

¿Con que frecuencia usa la vía Calarcá – Cajamarca?	
Ocasionalmente	
Mensualmente	
Semanalmente	
Diariamente	

¿Cómo calificaría el estado general de la carretera?		
1 (Deficiente)	2 (Regular)	3 (Aceptable)

¿Cuál considera usted que es el tramo crítico en la vía Calarcá – Cajamarca? (según lo explicado por los estudiantes)		
Túnel Los Azulejos	Túnel Los Venados	El tramo en general

	¿Se presenta congestión en la vía?	¿Ha presenciado o se ha visto involucrado en siniestro vial en la vía?	¿Conoce lo que es una rampa de frenado?	¿Cree usted que implementar rampas de frenado garantiza la seguridad vial?
Sí				
No				