



**Estudio de viabilidad para la migración de los sistemas de contención vial actual en Colombia según la norma invias 730 del 2012, a los sistemas de seguridad internacionalmente certificados (ensayos de choque a escala real) para implementar en las carreteras de cuarta generación 4G**

**Facultad de administración de empresas y ciencias económicas  
Centro regional Aburrá Sur**

Especialización en gerencia de proyectos

**Paola Moncada Villa**

ID: 000726126

**Liliana Yepes Tejada**

ID:000726186

**Daniel Jaimes Mejía**

ID:000731457

**Trabajo de grado**

**Profesor asesor**

Milton Esteban Sierra Cadavid

Itagüí 30 de mayo del 2020

## Agradecimientos

A mi compañera, ahora colega y espero que amiga, Liliana Yepes, por sacrificar su tiempo familiar y disponerse para generar información para la realización de este documento.

A mi compañero, colega y espero que amigo Daniel Jaimes, por apoyar las locuras resultantes de este trabajo sin declinar ni sentirse incómodo.

A mi esposo bello, quien siempre ha estado ahí para apoyarme, ¡sin importar que el tiempo de los dos debía ser disminuido y dividido entre mis sueños y nuestro amor... Gracias mi cielo!

Paola Moncada

Primero que todo quiero darle un agradecimiento muy especial a Dios, por guiarme en la vida y permitirme llegar hasta donde estoy hoy, y a mi hija por ser paciente porque cuando me embarque en este barco sabía que no sería fácil, el tiempo no se recupera, pero podemos aprovechar el que aún tenemos y empezar por disfrutar este logro obtenido.

A mis compañeros por permitirme realizar este trabajo en equipo y confiar en mi profesionalismo. Son muchas las personas que han formado parte en el crecimiento de mi vida profesional a las que me gustaría agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están conmigo, otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí vida, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Liliana Yepes Tejada

# **Estudio de viabilidad para la migración de los sistemas de contención vial actual en Colombia según la Norma Invias 730 del 2012, a los sistemas de seguridad internacionalmente certificados (choque a escala real) para implementar en las carreteras de cuarta generación 4G**

## **Resumen**

Actualmente en las carreteras de Colombia, existen situaciones de riesgo, que ponen en peligro la vida de quienes las transitan, es por esta razón que se tiene la necesidad de encontrar alternativas de solución a estas situaciones, de tal manera que les permita principalmente a los conductores tener mayor protección y tranquilidad al trasladarse.

Mediante el presente trabajo, se logrará demostrar que es necesaria la generación de una estrategia de mejoramiento de los sistemas de contención vial en las carreteras 4g con el fin de disminuir la severidad en los accidentes de tránsito, por medio de la implementación de sistemas de seguridad internacionalmente certificados, esto, basado en la necesidad del mejoramiento de la calidad de vida tanto de los conductores como de los peatones.

Todo ello, a través la descripción de variables definidas desde la observación, de los sistemas de contención instalados en las vías de cuarta generación, y compararlas con las instaladas en otras partes del mundo, enmarcándolo desde las normas. Para poder lograr los objetivos deseados con el presente trabajo de investigación, se realizó una revisión documental y algunos seguimientos a la norma, los cuales permitieron visualizar la magnitud de la problemática estudiada.

Basados en la estrategia de investigación mixta y teniendo en cuenta las apuestas de innovación, entendiendo esta como la incorporación de conocimientos y mejoramiento en los bienes y servicios ofrecidos, se plantea el desarrollo de un estudio de viabilidad para la migración de los sistemas de contención vial actual en Colombia, a los sistemas de seguridad internacionalmente certificados, para implementar en las carreteras 4G.

## **PALABRAS CLAVES**

Accidente; Contención vial; Marcación vial; Normas de protección vial; Protectores viales; Señalización de vías.

## **ABSTRACT**

Currently in the roads of Colombia there are risk situations which endanger the lives of those who travel them, this is the reason for the need to find alternative solutions to these situations, in a way that allows, mainly, the drivers, to have greater protection and tranquility when moving.

Through this work it will be possible to demonstrate that it is necessary to generate a strategy to improve road containment systems on 4G roads, in order to reduce the severity of traffic accidents, through the implementation of internationally certified safety systems, based on the need to improve the quality of life of both drivers and pedestrians.

All this, through the description of variables defined from the observation of the containment systems installed on the fourth-generation roads and compare them with those installed in other world's places, framing it from the standards. In order to achieve the desired objectives in this research work, it was made a documentary review and some follow-ups to the norms, which allowed us to visualize the magnitude of the studied problem.

Based on mixed research strategy and taking into account the innovation bets, understanding this as the incorporation of knowledge and improvement in the goods and offered services, is proposed the development of a feasibility study for the migration of road containment systems currently used in Colombia to internationally certified security systems to implement on 4G roads.

**KEYWORDS**

Accident; Road containment; Road demarcation; Road protection standards; Road protectors; Road signs.

## Índice de tablas

Resumen	
Introducción	
Planteamiento del Problema .....	9
1.1 Descripción del problema .....	10
1.2 Formulación del problema .....	13
1.3 Justificación .....	13
1.4 Objetivos .....	15
Capítulo 2 .....	16
Marco Referencial .....	16
Capítulo 3 .....	33
Diseño metodológico .....	33
Capítulo 4 .....	40
Resultados y discusiones .....	40
Capítulo 5 .....	53
Conclusiones .....	53
Referencias .....	55
Anexos .....	58

## Índice de tablas

Tabla 1 Listado de Fabricantes y proveedores defensas viales .....	35
Tabla 2 Proyectos de las Vías 4G en Colombia .....	36
Tabla 3 Comparativos de Normas Invias .....	38
Tabla 4 Niveles de contención.....	43
Tabla 5 Niveles de pruebas definidos en la normativa EN1317.....	44
Tabla 6 Niveles de prueba definidos en la normativa NCHRP Report 350. ....	45
Tabla 7 Matriz DOFA.....	47
Tabla 8 Matriz de priorización .....	49

## Índice de figuras

Figura 1 Nivel de contención de vehículo.....	27
Figura 2 Niveles de contención de las barreras de seguridad.....	28
Figura 3 Evaluación de los índices de Severidad del impacto .....	28
Figura 4 Países que están obligados adoptar la Norma Europa.....	29
Figura 5 Propiedades en los ensayos de la NCHRP-350 .....	30
Figura 6 Comparativo de Normas Invias Nacionales e internacionales .....	41
Figura 7 Precios de Fabricantes .....	48
Figura 8 Precios de Distribuidores.....	48

## Introducción

Muchas de las características de seguridad en carretera, como los sistemas de barrera de tráfico, los tratamientos finales, los amortiguadores de choque, los dispositivos de separación, los atenuadores montados en camiones y en otros dispositivos se utilizan para lograr los niveles más altos de seguridad en las carreteras. Un objetivo de la seguridad en las vías es proporcionar una carretera y un borde de la carretera indulgente que reduzcan el riesgo de un accidente grave cuando un vehículo abandona la vía. Entre los diversos métodos de evaluación, la prueba de choque a gran escala ha sido y seguirá siendo el método más común para evaluar el rendimiento del impacto del hardware de seguridad, por lo tanto, hay muchos países que tienen los procedimientos de prueba de choque a gran escala y los criterios de evaluación, incluidos los Estados Unidos (EE. UU), Unión Europea (UE) y Corea del Sur.

Los procedimientos recomendados para la prueba de choque a gran escala del hardware de seguridad se han desarrollado en los EE. UU. A partir de la Circular de Servicios de Correlación de Investigación de Carreteras 482 en 1962. Durante la década posterior, la evolución de los conceptos, la tecnología y las prácticas de seguridad en carretera requirió una actualización para recomendaciones anteriores.

En 2009, la Asociación Americana de oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) publicó el Manual para evaluar el hardware de seguridad (MASH) con el propósito de evaluar nuevos dispositivos de hardware de seguridad y esta publicación marca la primera vez que AASHTO adopta oficialmente procedimientos de prueba de choque para uso en la evaluación de hardware en carretera.

Sin embargo, la evaluación de una barrera de puente de acuerdo con el manual, no se realizó hasta 2012, dentro del alcance de esta investigación, se desarrolló y evaluó un sistema de barrera de puente que cumplió con los criterios, los procedimientos y los resultados. Los resultados obtenidos luego de la prueba de choque a gran escala cumplieron con los criterios de evaluación presentados en MASH, por lo tanto, la barrera puente desarrollada en esa investigación estaba lista para la aplicación de campo. Para el caso específico de este documento, se plantea que este tipo de sistemas debe ser aplicado a las vías de cuarta generación (4G) las cuales están siendo implementadas en el país desde el año 2015.



## Capítulo 1 Planteamiento del Problema

El Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014, “Prosperidad para Todos” hizo referencia al desafío de generar empleo, reducir la pobreza y brindar seguridad a todos los colombianos, en este punto, el desarrollo de la vías o carreteras en Colombia se pone de manifiesto, demostrando que el mejoramiento de las mismas haría posible el desarrollo de los desafíos nacionales ya mencionados y la superación o logro de los objetivos del desarrollo sostenible, se toma como referencia este plan de desarrollo, partiendo del hecho de que es el primero que tiene en cuenta la necesidad de mejoramiento de las vías de cuarta Generación (4G).

Por su parte, el plan de desarrollo 2018 - 2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad” cuenta con una línea transversal, cuyo eje es Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro, y donde se contempla un Pacto por el transporte y la logística para la competitividad y la integración regional, su objetivo principal es “mantener un sector transporte que aproveche y potencie la red fluvial y férrea, mejore la eficiencia del transporte carretero, aéreo y marítimo para reducir costos y tiempos, que brinde una movilidad urbano-regional segura y acorde con las necesidades de los territorios” una de sus metas principales es Salvar más de 5 mil vidas en siniestros viales y concluir o rehabilitar las carreteras de concesiones que a la fecha no han superado la etapa de construcción que son alrededor de 75% de las vías del país (Red Vial Nacional, 2016), el plan de desarrollo del 2018-2022 busca entonces, Mejorar las condiciones de seguridad de la infraestructura de transporte y de los vehículos. (PLAN DESARROLLO 2018-2022) *“Colombia está en obra, y seguirá estándolo por algunos años, pues la magnitud de los proyectos que se desarrollan en la actualidad y de los que vienen es inmensa”* (Rosario, 2017) Se evidencia que efectivamente las vías nacionales han evolucionado de acuerdo a las necesidades de los habitantes de cada región, el crecimiento del país va de la mano con el fortalecimiento en la infraestructura vial desarrollada. Es innegable la capacidad que tiene el sector de la infraestructura de transporte para generar crecimiento, prosperidad e incrementar la competitividad del aparato productivo del país. Prueba de ello es lo que han visto los colombianos en los últimos años en materia de infraestructura, 24 de los 29 proyectos contratados del programa 4G estaban en ejecución a través de los diversos frentes de obra que fueron dispuestos por los concesionarios y sus contratistas a lo largo y ancho del país. De los 24, dos mostraron un avance superior al 95 por ciento (Girardot-Honda-Puerto Salgar y Cartagena-Barranquilla) y 15 tienen una ejecución por encima del 25 por ciento. (García J. I., 2017).

Hace diez años en cumplimiento del plan de desarrollo 2010 -2014, se inicia el proyecto de la construcción de vías de cuarta generación (4G), el cual tuvo como principal objetivo actualizar la infraestructura del país, cerrando así las brechas de tiempo en desplazamientos en los principales centros productivos, si bien los tiempos de desplazamiento se han reducido, en términos de

costos económicos, también es cierto que en términos de accidentalidad han aumentado, según el artículo (SIGLO, 2020) “Las autoridades expresaron su preocupación por la gran cantidad de accidentes registrados en lo que va corrido de este año. Solo en un fin de semana dos siniestros ocurridos en los departamentos de Caldas y Cauca causaron la muerte de al menos 16 personas”. “El bus se salió de la vía y cayó a un abismo en la ruta entre Aguadas y Manizales.” (TIEMPO, 2020) En este punto surge una nueva necesidad y es la seguridad de los usuarios de las vías, seguridad que debe obedecer a los estándares básicos tanto nacionales como internacionales.

Como se mencionó anteriormente, los accidentes de tránsito son cada vez más frecuentes en nuestro país, esto obedece tal vez a situaciones como la falta de cultura de las personas, porque ellos mismos no se comprometen a respetar las normas de tránsito y al no asimilar de forma racional que están exponiendo sus vidas y las de otras personas a un peligro muy alto. Como un claro ejemplo, está el accidente ocurrido en la vías las palmas el 21 de febrero de 2020, (accidente via las palmas, 2020) “Además de impactar el separador de la vía, el vehículo golpeó y derribó también un poste de luz” (BERGSNEIDER, 2020) si el sistema de contención estuviera bien instalado y bajo la norma de contención vial certificada hubiera contenido y redireccionado el vehículo a la vía, en este caso, el poste de luz fue el que contuvo el vehículo y el conductor solo presentó lesiones.

Teniendo en cuenta lo anterior y dado el contexto social (pobreza, desigualdad) y político (corrupción, división en partidos políticos), por el cual está atravesando el país, es probable que se busque optimizar los recursos, sin tener en cuenta, tal vez, las consecuencias de dicha acción (optimizar) desde el contexto de lo que significa seguridad vial, el cual, se refiere a aquello que está exento de peligro, daño o riesgo. Según lo expresan Bliss y Breen (2009) mencionado en: (Ibarra & Álvarez, 2015) dicha seguridad se debe brindar por parte del estado, de la misma forma que se provee un bien o un servicio, “El concepto de seguridad vial, por lo tanto, supone la prevención de accidentes de tránsito con el objetivo de proteger la vida de las personas, o la minimización de sus efectos”. (Sosa y Gutiérrez, 2011), citado en (Ibarra & Álvarez, 2015), es así como se implementaron elementos que pueden salvar vidas en las vías de Colombia, no obstante, podría creerse que el estado, desconoce el concepto, toda vez que aprueba a los concesionarios el uso de barreras de contención, desprovistas al parecer de la normatividad.

## **1.1 Descripción del problema**

La norma INVIAS 730 del 2012, quien es la entidad encargada de la seguridad vial en Colombia, cuenta con un sistema de contención vial, el cual se ha instalado a lo largo y ancho del territorio Colombiano, sin embargo al hacer una lectura de informes de accidentalidad, se evidencia que los Incidentes Viales (IV), causan lesiones fatales y no fatales, con efectos en salud, bienestar y productividad según lo plantea (López1, Arana2, & Osorio, 2015), al describir la epidemiología de los I.V en Medellín 2010 - 2015, como referente para proponer un Modelo de Gestión en Seguridad Vial, se encuentran alrededor de 300 muertos/año y unos 3.000 heridos/año;

lesionados no registrados pueden ser 10 veces más, 30.000/año. La mayoría de los (IV) afecta, peatones, motociclistas y ciclistas, principalmente varones de 15-29 años, en zonas residenciales. Si esto sucede solo en el área residencial en la ciudad, en las vías fuera de la ciudad donde la velocidad está por encima de los 80Km/h, es probable que la estadística de dichos accidentes se presente un panorama de siniestralidad mucho mayor. Ante este panorama es posible evidenciar que el sistema de contención vial colombiano al parecer no presenta la rigurosidad normativa internacionalmente certificada, esto dado que los accidentes presentados evidencian la calidad de materiales utilizados.

Partiendo de la definición de un sistema de contención vial, estos son dispositivos capaces de contener y redireccionar un vehículo y así mitigar la gravedad del impacto en sus ocupantes, estos sistemas requieren de una serie de evaluaciones y estudios para garantizar la funcionalidad de estos, esto debido a que no todos los sistemas son diseñados para todos los tipos de vehículos, es decir, partiendo del peso del vehículo, la velocidad y el ángulo con que impacta este vehículo, se define un nivel de contención para un sistema de contención vial, entonces si consideramos esta hecho, no basta con definir las propiedades mecánicas de los elementos que lo conforman de forma separada. Lo cual hace la normatividad colombiana actual (INVIAS 730 del 2012), esta describe en qué materiales deben ser fabricados los elementos que conforman al sistema de contención, la inercia (la geometría) que estos deben tener, la resistencia de los elementos que lo conforman, criterios de instalación, metodología de aceptación y describe algunos de los elementos adicionales que deben ser tenidos en cuenta para realizar una correcta instalación. Sin embargo, estas definiciones se quedan cortas si consideramos las muchas variables que intervienen en un accidente vehicular.

En una vía transitan diferentes tipos de vehículos y existen diferentes elementos aledaños a la vía que deben ser protegidos, por lo cual, las primeras consideraciones que debe tener cualquier documento, que a sistemas de contención vial se refiere, es analizar muy bien las características operacionales de la vía, las condiciones físicas en que esta se encuentra, los tipos de vehículos que se habilitan a transitar por ella y los diferentes tipos de obstáculos que se pueden presentar a lo largo de la vía, además de los usuarios de esta.

Todo esto para poder definir qué tipo de dotación de seguridad vial se le debe suministrar al proyecto para garantizar que tanto los usuarios, las infraestructuras aledañas y demás elementos que deban ser protegidos, no sufran daños a la hora de un accidente vehicular y todas estas variables al parecer no son consideradas en lo más mínimo por la normatividad colombiana, además de que dentro de sus criterios de aceptación, la norma le da al interventor, o a la persona que recibe los sistemas ya instalados, solo criterios relacionados con rangos de alturas y longitudes que deben ser respetadas y no lo obliga a indagar un poco más en qué hay detrás de lo que está recibiendo.

En cuanto a los sitios donde debe ser instalado un sistema de contención vial, no se cuenta con un criterio técnico que sea de guía en este tema, durante la fase de diseño de los proyectos, las oficinas técnicas usan parámetros empíricos o que obedecen al sentido común para disponer de los sistemas en ciertos lugares del proyecto, lo cual es reforzado con el criterio del responsable de la obra o de la interventoría que solicitan instalar en puntos que las oficinas técnicas no contemplaron, es así como la experiencia, el sentido común y las condiciones particulares del proyecto son los principales personajes que intervienen a la hora de establecer los sitios donde debe ser instalado un sistema de contención vial. Mientras que si vamos a normativas de otros países, como es el caso de Costa Rica, se evidencia que cuentan con un documento técnico llamado **Orden Circular 35/2014** (FOMENTO, 2014) Sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos, la cual establece de manera detallada qué se debe defender, cuanto se debe defender, cómo se debe defender si el objetivo a defender es uno u otro, dependiendo de la importancia del elemento a proteger y nivel de afectación que tiene para los ocupantes de un vehículo.

Debido a los sobrecostos en los que, normalmente, incurren las constructoras a la hora de realizar sus proyectos (y un poco debido a la corrupción que afecta incluso a proyectos viales) a la hora de contratar e instalar la defensa (siendo la defensa de los últimos ítems en los cronogramas de los proyectos), el presupuesto que inicialmente se había destinado para los sistemas de contención, ya ha disminuido por lo que no se puede instalar lo que inicialmente se diseñó y normalmente incurren en dejar de proteger sitios que habían sido definidos desde el diseño y que a la luz de quien construye o de quien acepta no es necesario defender ese sitio.

Las interventorías no están capacitadas para aceptar o rechazar los elementos que conforman el sistema de contención y los criterios de instalación están sujetos al criterio del constructor, lo que se presta para que cada proyecto decida las distancias a respetar en el momento de instalar.

Lo anterior, invita a pensar en una nueva necesidad, que obedece al hecho de reducir los niveles mortales de accidentalidad en las carreteras, especialmente en las vías de última generación o 4G, y las razones por las cuales los sistemas de contención no presentan la rigurosidad necesaria a pesar de que el país cuenta con una geografía diversa y compleja, que genera un mayor riesgo de accidentalidad. La actual situación, enmarca la necesidad de realizar una evaluación de los costos al implementar y mantener los sistemas de contención vial en las carreteras 4G que rige la norma colombiana, y compararlo con los costos mediante la implementación de sistemas de contención vial internacionalmente certificado para buscar disminuir la severidad en los accidentes de tránsito.

## 1.2 Formulación del problema

¿Existe la necesidad de migrar de los sistemas de contención vial que rige la norma Colombia actual a los sistemas de contención certificados internacionalmente para así lograr la reducción en los impactos que se generan en los accidentes?

## 1.3 Justificación

Bajo el contexto de la globalización y el sistema capitalista, Colombia ha encontrado la necesidad de desarrollo, competitividad y sustentabilidad de la calidad de vida de los habitantes, demostrado mayor posibilidad de desarrollo a nivel económico. En el marco de dicho desarrollo mundial, se hace evidente que Colombia presenta una insuficiencia en la infraestructura vial, por lo cual crece la necesidad de mejorar las vías. Según (García J. I., 2017), “Colombia enfrenta actualmente la puesta en marcha del conjunto de proyectos de infraestructura vial de mayor importancia e impacto en su historia. La construcción de las vías de cuarta generación (4G) supera cualquier inversión antes hecha en nuestro país con un monto aproximado \$53 billones” la construcción de infraestructura generan actualmente un ambiente de seguridad en términos de inversión y su impacto trasciende en varios sectores de la economía. En este aspecto, es significativa la relación directa que existe entre desarrollo económico y la construcción de infraestructuras viales.

¿Existe la necesidad de migrar de los sistemas de contención vial que rige la norma Colombia actual a los sistemas de contención certificados internacionalmente para así reducción en los impactos que se generan en los accidentes?

Según INVIAS 730 del 2012, Colombia presenta una dramática realidad de la siniestralidad **vial**, lo que nos invita a una revisión de la normativa nacional que al compararla con la internacional, deja en evidencia que Colombia continúa en vía de desarrollo, incluso en este aspecto, poniendo de manifiesto que al parecer, no existe un adecuado uso de la norma, colocando de esta manera en riesgo la vida de los usuarios, esto dado que, no solo se encuentra que las vías solo cumplen los estándares mínimos en cuanto a los productos utilizados para la protección de las vidas, sino que además no se cumple con los estándares internacionales, lo que genera el compromiso obligatorio y socialmente ineludible de proponer y desarrollar estudio financiero para el mejoramiento de los sistema de contención vial, a partir de lo encontrado en los estándares mundiales.

La problemática de la severidad de los accidentes en las carreteras siempre va a estar presente desde que se utilicen los sistemas de contención vial actuales, que no ayudan a minimizar el riesgo en las vías. En la actualidad se cuenta con sistemas de contención vial que están enfocados y diseñados para contener y retornar los vehículos a las vías cuidando la integridad de las

personas que van dentro del vehículo; en este caso existen los sistemas de contención con certificación internacional para carreteras y se caracterizan por un alto nivel de seguridad debidamente validado conforme a las normativas en vigor, por la eficacia de su comportamiento, por su permanente innovación tecnológica y por el estricto control de calidad durante la fabricación. En el ámbito del equipamiento para la seguridad vial, se ofrece plena garantía sobre el desempeño de estos sistemas ante un choque vehicular; dichos sistemas están acreditados mediante ensayos de choque a escala real, aprobaciones técnicas y certificados de conformidad.

Según la norma europea EN 1317-2, los sistemas de contención son ensayados mediante choques a escala real con el fin de garantizar un nivel de contención, un ancho de trabajo, un índice de severidad y una capacidad de redireccionamiento. Si se cumple con lo anterior, es posible obtener un marcado CE (AENOR, 2011).

En Estados Unidos se cuenta con dos normativas en las cuales se evalúan parámetros similares; es decir, según las normas NCHRP-350 y MASH, los resultados de los ensayos a escala real deben mostrar el nivel de contención, una deflexión permanente, un índice de severidad y tener la capacidad de redireccionar los vehículos. Dichos ensayos deben contar con la aprobación de la FHWA. (H. E. ROSS, National Cooperative Highway Research Program Report 350, 1993) y (Officials, 2009).

Los vehículos y sus dispositivos de seguridad desempeñan una función importante en la seguridad vial, puesto que pueden generar un efecto duradero y sostenible. El diseño de un vehículo afecta a la protección de sus ocupantes en caso de accidente y a las probabilidades de lesiones graves causadas a los usuarios vulnerables y desprotegidos. Los dispositivos de seguridad adicionales, como los cinturones de seguridad y los airbags, aportan una protección adicional a los ocupantes del vehículo. En el caso de los vehículos de dos ruedas, el uso de ropa de protección y casco ayuda a mitigar las consecuencias del choque. Y, por último, aunque no menos importante, los sistemas de ayuda inteligente a la conducción, incluidas las tecnologías integradas en el vehículo, entre vehículos, y entre la carretera y el vehículo, ayudan al conductor a conducirse de forma segura, evitando errores e infracciones que de otra forma podrían provocar accidentes.

Por otro lado, la educación sobre seguridad vial intenta fomentar el conocimiento y la comprensión de las normas y situaciones de tráfico, mejorar las habilidades a través de la formación y la experiencia, y reforzar o modificar las actitudes hacia la concientización del riesgo, la seguridad personal y la seguridad de otros usuarios de la carretera.

En los diseños y revisión de los sistemas viales de contención se tiene una falencia que se debería entrar a revisar en América Latina y en Europa, se podría afirmar que, en el Mundo, “no todos los accidentes viales se registran y almacenan en una base de datos; generalmente se registran los accidentes mortales, pero incluso en esos casos los datos no están completos. La

tasa de registro de víctimas mortales oscila probablemente entre el 85% y el 95%. Según descende la gravedad de las lesiones, la tasa de registro descende más aún. Las tasas de registro de las lesiones graves no suelen superar el 60%; las de las lesiones leves, no superan generalmente el 30%. Otro fenómeno general es que el registro de accidentes que no implica a vehículos motorizados es mucho menos completo que el de los accidentes que sí que implican a vehículos motorizados. La falta de información sobre los accidentes provoca la mala estimación del tamaño del problema de seguridad vial. Y en el caso de algunos tipos de accidentes en concreto también puede conducir a la toma de decisiones mal justificadas sobre las medidas de seguridad vial” (nacional, 2010).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Desarrollar un estudio de viabilidad para la migración de los sistemas de contención vial actual en Colombia según la norma INVIAS 730 del 2012, a los sistemas de seguridad internacionalmente certificados (Ensayos de choque a escala real) para implementar en las carreteras de cuarta generación 4G.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar rastreo documental donde se evidencien los diferentes sistemas de seguridad y contención vial que existen en la actualidad y que cumplen con la normatividad nacional e internacional, con la finalidad de elaborar un cuadro comparativo.
- Identificar los precios al implementar y mantener los sistemas de contención vial que rige la norma colombiana actual y los precios de los sistemas de contención vial internacionalmente certificado, mediante la solicitud de cotizaciones en diferentes empresas que suministren e instalen los sistemas colombianos e internacionales.
- Comparar los precios de la implementación de los sistemas de contención vial internacionalmente certificado, frente a los sistemas de seguridad y contención vial que se instalan en la actualidad en Colombia, para obtener un estimado del ahorro para la Agencia Nacional Invias de las carreteras 4G en Colombia, y sustentar la migración a estos sistemas certificados, a fin de evidenciar el impacto que tendrían en las comunidades, por ser sistemas que garantizan la contención de los vehículos en carretera y por ende la protección de la vida.

## Capítulo 2 Marco Referencial

### 2.1 Marco conceptual

A continuación, se abordarán de manera detallada y por apartado las contribuciones teóricas y conceptuales que se evidencian de las terminologías que se desarrollan en este trabajo de grado, que a su vez se enlazan y permiten un estudio técnico y detallado del tema, el cual se enfoca en desarrollar un estudio de viabilidad para la migración de los sistemas de contención vial actual en Colombia según la norma INVÍAS 730 del 2012, a los sistemas de seguridad internacionalmente certificados (Ensayos de choque a escala real) para implementar en las carreteras de cuarta generación 4G.

#### **Normas:**

Las normas son reglas que se establecen con el propósito de regular comportamientos y así procurar mantener un orden. Esta regla o conjunto de reglas son articuladas para establecer las bases de un comportamiento aceptado, de esta forma se conserva el orden (Raffino, 2019).

#### **Invías:**

El Instituto Nacional de Vías - INVÍAS pertenece a la Rama Ejecutiva y se encuentra como organismo adscrito al Ministerio de Transporte.

Su misión es ejecutar políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de infraestructura de la red vial carretera, férrea, fluvial y marítima, de acuerdo con los lineamientos dados por el Gobierno Nacional, generando resultados tendientes a solucionar necesidades de conectividad, transpirabilidad y movilidad de los usuarios, contribuyendo a la competitividad del país, con un talento humano calificado y comprometido (INVÍAS, 2019).

#### **Choque a escala real:**

Son Choques de vehículos reales contra las defensas viales que se realizan en los laboratorios acreditados, para garantizar que todos los sistemas deben haber superado ensayos de choque a escala real según norma EN1317, mediante los cuales se comprueba que:

- El sistema contiene al vehículo de una forma controlada (sin vuelcos, sin intrusiones en el habitáculo, sin desprendimiento de partes esenciales).
- El ángulo de salida tras el choque es reducido, lo que evita posibles accidentes con otros usuarios de la vía.
- No se producen daños de consideración a los ocupantes del vehículo.
- Se controlan las piezas desprendidas del sistema, que podrían suponer riesgo para terceros

Existen dos normativas para la evaluación de sistemas de contención vehicular, la Norma europea EN 1317 y la Norma NCHRP Reporte 350 estadounidense. Estas normativas contienen



procedimientos estándar de ensayo, evaluación y clasificación de los sistemas de contención vehicular.

**Sistemas de contención de vehículos:**

Los sistemas de contención son dispositivos ubicados en el margen o mediana de la calzada, con la finalidad de mitigar las consecuencias de los accidentes cuando se produce la salida de vía de un vehículo de forma incontrolada. Impiden caídas por pendientes acentuadas, impactos con obstáculos o la penetración en otras vías de circulación. Al producirse la salida de vía, el Vehículo impacta contra el sistema de contención, consiguiéndose una reducción en el número de accidentes graves. (Espinosa, 2010)

**Barreras de seguridad certificadas:**

Una barrera de seguridad certificada es aquella que ha pasado por pruebas de impacto de acuerdo a los requisitos normativos establecidos por la NCHRP Report 350 de los Estados Unidos de Norteamérica o por la EN 1317 de la comunidad europea. (Villanueva Arteaga, 2018, pág. 43)

**Nivel de contención:**

El nivel de contención es la Capacidad de la barrera de seguridad de absorber la energía de impacto de un vehículo, manteniendo una adecuada deformación, deceleración y capacidad de redireccionamiento del vehículo. (Villanueva Arteaga, 2018, pág. 43)

**Matriz DOFA:**

El análisis FODA o también llamado DOFA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), es una herramienta conceptual para aproximarse a una empresa o un proyecto determinado, a partir de la revisión de sus características internas (debilidades y fortalezas) y su situación externa (oportunidades y amenazas), para perfilar un diagnóstico de mejoría posible. El análisis FODA sirve para crear un diagnóstico certero y completo de un proyecto, relacionando la información pertinente para permitir la elección informada del modelo a seguir o de las rutas posibles del mismo. (Uriarte, 2019)

**Benchmarking:**

En inglés, benchmark significa “punto de referencia”, y benchmarking significa “evaluación comparativa”. Es un proceso sistemático, estructurado, formal, analítico, organizado, continuo y largo plazo, que sirve para evaluar, comprender, diagnosticar, medir y comparar las mejores prácticas comerciales, productos, servicios, procesos de trabajo, operaciones y funciones de aquellas organizaciones que se consideran líderes y que de alguna manera se constituyen en la competencia. El Benchmarking constituye una estrategia de inteligencia empresarial que sirve para compararse con la competencia y con aquellas empresas que se consideran líderes del mercado por su demostrada excelencia en todas sus prácticas. (Obeso, 2020)

**Accidente:**

Según (Duarte, 2010) Se denomina accidentes a los sucesos imprevistos e indeseados que afectan negativamente a una persona o grupos de personas. Esta afección puede incidir en la salud psíquica, en la salud física, o por lo menos, generar contratiempos a través de problemas que requieran una solución en el corto, mediano o largo plazo. En función de evitar estos efectos indeseados, existen algunas normativas a cumplir en algunas áreas de la sociedad que tienden servir de guía para las personas.

**Contención vial:**

Según (GRUPO TDM, 2016) los sistemas de contención certificados capaces de contener al vehículo, redireccionarlo y mitigar la gravedad del impacto en sus ocupantes. Se instalan en los márgenes y/o separadores centrales de las vías, especialmente en curvas, y bordes de puentes.

Las estadísticas de accidentalidad en el tráfico muestran que el tipo de accidente más frecuente en las carreteras españolas son las salidas de calzada, las cuales causan todos los años entre el 35% y el 40% de las víctimas mortales. Los sistemas de contención de vehículos pueden reducir las consecuencias de estos accidentes.

Las salidas de calzada se producen cuando un vehículo abandona la calzada de forma incontrolada, con el riesgo de impactar con obstáculos situados en las proximidades, caer por pendientes pronunciadas o invadir otras vías de circulación. Todas ellas son situaciones que pueden causar graves consecuencias para los ocupantes del vehículo, para otros usuarios de las carreteras o para terceros.

Para tratar de reducir las consecuencias de estos accidentes, es preciso realizar un buen acondicionamiento de márgenes, consistente en eliminar, desplazar o atenuar los riesgos existentes en las proximidades de la calzada, o bien, en los casos en que esto no sea posible, protegerlos mediante sistemas de contención de vehículos. Mediante el empleo de estos elementos se consigue evitar que el vehículo alcance al elemento de riesgo, produciéndose un impacto controlado y de menor gravedad contra el propio sistema.

Los tipos de elementos de contención vial son:

- Barreras de seguridad
- Pretilos
- Atenuadores de impactos
- Terminales
- Transiciones
- Lechos de frenado
- Sistemas para protección de motociclistas

### **Marcación vial:**

Según (Geeks, s.f.) es un conjunto de signos distintivos que delimitan los sectores de una calzada. Las demarcaciones son las rayas, los símbolos y las letras que se pintan sobre el pavimento, brocales y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

### Funciones:

- Las demarcaciones desempeñan definidas e importantes funciones en un adecuado esquema de control del tránsito.
- En algunos casos, son usadas para suplementar las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como señales y semáforos.
- En otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, siendo un modo muy efectivo de hacerlas claramente inteligibles.

### Clasificación Según su Forma

- **Líneas Longitudinales:** para delimitar canales y calzadas, para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar y para delimitar canales de uso exclusivo.
- **Líneas Transversales:** en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse, reductores de velocidad y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.
- **Símbolos y Leyendas:** guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluyen en este tipo de demarcación las flechas.
- **Otras demarcaciones:** ninguno de sus componentes (longitudinales, transversales o simbólicos) predomina por sobre los otros.

### Clasificación Según su Altura

- **Planas:** Aquéllas de hasta 6 mm de altura.
- **Elevadas:** Aquéllas de más de 6 mm de altura, utilizadas para complementar a las primeras. El hecho de que esta demarcación sea elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los faros de los vehículos, aún en condiciones de lluvia.

### Colores

- El color Blanco: Define, en general, la separación de corrientes de tránsito en el mismo sentido y en sentido opuesto. Se empleará en bordes de calzada, demarcaciones longitudinales, demarcaciones transversales, demarcación elevada, flechas direccionales, letras, espacios de estacionamiento permitido y brocales.
- El color Amarillo: Se deberá emplear excepcionalmente para señalar áreas que requieran ser resaltadas por las condiciones especiales de la vía, tales como canales en contraflujo, canales exclusivos para sistemas de transporte masivo, objetos fijos adyacentes a la misma, líneas de no bloqueo de intersección, demarcación elevada y brocales en zonas donde está prohibido estacionar.

- El color Rojo: Se utilizará exclusivamente en brocales en áreas destinadas a paradas de transporte público, hidrantes, áreas con restricción absoluta de estacionamiento y en demarcaciones elevadas, donde sea necesario indicar sentido contrario de circulación.
- El color Azul: Se aplica sobre pavimentos y brocales donde solo se permite el estacionamiento a vehículos que transporten personas con discapacidad.
- El color Negro: No se establece como color estándar para la demarcación de pavimentos, pero se podrá utilizar en combinación con los colores indicados para la demarcación de objetos dentro de la vía de tránsito, que se encuentren peligrosamente cercanos a ella o en los casos que por razones de visibilidad sea necesario aplicarlo en el pavimento para mejorar el contraste de la demarcación plana. El color negro no deberá usarse para ocultar demarcación existente.

### **Protectores viales:**

Según (masqueingenieria, 2020) son los dispositivos de contención de vehículos para evitar el menor peligro posible de los usuarios en un momento de colisión o volcamiento. Estos se dividen en tres tipos:

#### 1. Barreras de seguridad

Se denominan barreras de seguridad a aquellos dispositivos que se colocan longitudinalmente a la carretera en aquellos puntos donde las condiciones de seguridad de las márgenes no se han podido garantizar por una u otra razón. Hay que destacar que, en esta situación, la colisión contra la barrera de seguridad constituye un accidente en toda regla. Se trata por tanto de mitigar la gravedad de dicha colisión en comparación con la gravedad de una colisión en un hipotético y análogo escenario en el que éstas no existiesen. Estas se dividen en:

- Metálicas
- De Concreto

#### 2. Pretils

Estos dispositivos de contención tienen dos objetivos principales:

- Contener a los vehículos ligeros y pesados
- Limitar las sollicitaciones que se transmiten al tablero que sustenta el pretil mediante el empleo de anclajes dúctiles.

El anclaje dúctil se reduce a una barra de acero, que une el pretil, en su base, con el tablero, permitiendo a la barrera deformarse dentro de ciertos límites. Una vez superados, el anclaje deja de funcionar, transmitiéndose los esfuerzos a los anclajes inmediatamente más próximos.

#### 3. Amortiguadores de impacto

Se emplean para proteger zonas u obstáculos peligrosos, que generalmente forman parte de la propia infraestructura viaria, ante choques frontales para los que las barreras de seguridad no resultan adecuadas. Su finalidad es atenuar las consecuencias del choque del vehículo, absorbiendo su energía cinética mediante la deformación en forma de «acordeón» en función de la longitud del amortiguador del dispositivo. Por otro lado, los amortiguadores de impacto deben desempeñar el papel de una barrera de seguridad ante impactos laterales.

### **Señalización de vías:**

Según (Restrepo, 2020) Rasgo físico que permite reconocer o distinguir un sector de una vía de otro adyacente. Según el Ministerio de Transporte, las señales de tránsito hacen más ágil, segura, eficiente y cómoda la circulación de automotores en el territorio nacional. La señalización vial pretende indicarnos limitaciones y precauciones en carretera; además, te brinda la información, estrictamente necesaria, para cuando decidas viajar por Colombia y transitar por las carreteras del país. Para que la señalización vial cumpla plenamente el objetivo propuesto, es necesario conocerlas. Es sabido que hay varios tipos, por tal razón es indispensable aprender a identificarlas teniendo en cuenta **color**, tamaño y posición en las vías.

## **2.2 Marco contextual**

Desde principio de los tiempos, el hombre tiene la necesidad de desplazarse de un lugar a otro con variedad de intenciones, entre las fundamentales, se encuentran, la necesidad de alimentarse, de socializar, incluso de reconocer el espacio que habita. En esta lógica, a medida que pasa el tiempo, todo cambia y las necesidades lo hacen también así que el hombre, decide modificar su modo de viajar entre lugares de forma constante y con mayor número de personas, de esta manera se hace posible la generación de caminos.

Posterior a ello, surge la invención de la rueda y con ella, nuevos desarrollos, por lo tanto, un sin número de necesidades adicionales entre ellas la de ir de un lugar a otro de manera más ágil y cómoda, además de viajar a lugares más alejados. Es en esta época donde aparecen las calles, y los automóviles, tiempo después la necesidad de señalar de manera adecuada las calles que inicialmente fueron en piedra, de esa manera y con cada nueva situación surge una necesidad. Con los vehículos, llega la velocidad y con ella los accidentes, los cuales se deben atender desde la prevención, para ello se mejora la señalización y las calles de piedras se convierten en carreteras de asfalto, sin embargo, la geografía colombiana presenta diversidad, cambios de montañas a llanuras, de selva a costa, entre unas y otras hay abismos y deslizamientos, lo que genera otros riesgos en la seguridad vial. Con este panorama, nace la necesidad de mejorar sistemas de contención para quienes conducen sobre las carreteras de Colombia.

### **El paso del tiempo.**

Es conocido, que desde tiempos inmemoriales, los primeros pobladores humanos de la tierra, tuvieron la necesidad de trasladarse de un lugar a otro en compañía de su familia y animales, este traslado, dejaba huellas a su paso, que a su vez permitía que otros seres humanos que transitaban

por el lugar reconocieran un camino para recorrer, eso tal vez generaba un estado de tranquilidad al saber que ya otras personas habían pasado por allí, que no estaban solos y que seguramente las personas que habían transitado antes habían logrado llegar a su objetivo.

Gracias a esta necesidad de traslado, surgen los “postes” romanos, que consistían en columnas de piedra que guiaban o informaban a los viajeros, estableciendo un modelo primitivo de carretera en el mundo antiguo. Sin embargo, esta señalización, permaneció durante muchos siglos sin mayores cambios, cumpliendo la única función de alertar sobre peligros o indicar sitios de interés o ciudades, fue así como nacieron los caminos en todo el mundo. (Colombia, 2011) Según (ISAAC, 2004), en el siglo XVIII cuando Europa conoció una mejora de las comunicaciones viarias impulsadas por los poderes públicos, se construyeron lo que se conoce como las primeras carreteras modernas, debido a las necesidades económicas y/o militares, esto fue más intenso en la Europa Occidental ya que desde el siglo XVII se había dado inicio a los primeros momentos de dichas construcciones, por lo tanto, “se aceleró y extendió desde los años treinta y cuarenta del siglo XVIII siendo el origen del actual sistemas de carreteras planificadas, construidas, financiadas y mantenidas por el Estado”. (ISAAC, 2004).

En Colombia el contexto del desarrollo vial no es ajeno a la historia mundial, ya que al parecer fueron los indígenas quienes desarrollaron habilidades que permitieron desafiar y ejecutar trabajos de secciones de carreteras, construcción de puentes o caminos, lo anterior con el fin de acortar distancias y llegar de un punto a otro, con la necesidad de hacer intercambios lo que se conoce comúnmente como "Trueque", de esta manera, las distancias se acortaron mediante la construcción de estos senderos a esto se suman otras necesidades, y es la de conocer, por lo que comenzaron los viajes entre provincias "a lomo de mula". El desarrollo de las formas de traslado en Colombia comienza con la construcción de caminos que se construyeron siguiendo los caminos reales.

### **Cambia todo cambia.**

Tal como cambian los seres humanos con el paso del tiempo, también cambian sus necesidades, los colombianos no son la excepción y fueron encontrando otras alternativas de transporte, diferente a los animales, hacia 1890, con la aparición de los vehículos, la señalización de los caminos, cuyo nombre cambio a carreteras, tuvo que ser cambiada, dado que, en poco tiempo, los vehículos aumentaron su circulación y con ello también aumentaron los riesgos y los accidentes ocasionados por la falta de información en las vías, lo que condujo a una nueva necesidad, la de proteger tanto a los conductores como a los peatones. Tomado de: (<http://www.eymproductostecnicos.com/historia-e-importancia-de-la-senalizacion>, 2019).

Hacia el año de 1905, cuando gobernaba el general Rafael Reyes, nace el ministerio de obras públicas y transporte, el cual se preocuparía por administrar los bienes nacionales como lo son registros de marcas, ferrocarriles, caminos, puentes entre otros. (Colombia, 2011). Lo que, permitió modernizar, hacer más operativa y eficiente la construcción de carreteras, caminos, edificios y ferrocarriles.

Según se plantea en (Colombia, 2011), dentro de las principales gestiones realizadas por este ministerio, se encuentra la de definir normas de construcción y protección de carreteras y

caminos, la cual se llevó a cabo en los primeros 50 años del siglo XX, se crearon algunas estrategias para poder soportar el estado de las vías y obras civiles, además otras entidades como policía de carreteras, entre otras. En el año 1993, de acuerdo con la evolución, dinamismo y desarrollo del país, se reestructura dicho ministerio convirtiéndose en ministerio de transporte. Para el año 2000, continuando con su modernismo y desarrollo, se realiza una reestructuración con el fin de definirla como organización que define, formula y controla algunas políticas, entre ellas la de infraestructura vial. El crecimiento del país va de la mano con el fortalecimiento en la infraestructura vial desarrollada, “Colombia está en obra, y seguirá estándolo por algunos años, pues la magnitud de los proyectos que se desarrollan en la actualidad y de los que vienen es inmensa” (Rosario, 2017).

En este sentido y de acuerdo al resultado realizado por el reporte global de competitividad, en términos de infraestructura, Colombia ocupa el puesto 84, entre 138 países analizados, (Deloitte, 2018-2019) teniendo en cuenta para esta evaluación el estado de las carreteras, vías férreas, aeropuertos entre otros, estudio que se realizó entre el 2016 y 2017. Hace cuatro años se inicia el proyecto de la construcción de vías de cuarta generación (4G), el cual tiene como principal objetivo actualizar la infraestructura del país, cerrando así las brechas de tiempo en desplazamientos en los principales centros productivos.

De acuerdo con el desarrollo de las vías y el mejoramiento de las mismas como fuente principal para el desplazamiento de un lugar a otro, acortando distancias entre departamentos, municipios, barrios, etc. Fue necesaria la pavimentación de las vías, con el fin de poder contar con mayor velocidad en los desplazamientos, al mismo tiempo y con el fin de evitar accidentes mortales se crea la necesidad de implementar acciones que permitieran alertar los conductores que viajan en vehículos, camiones, buses o motocicleta, se inicia la instalación en las vías de normas y señales de tránsito, estas generalmente se instalan a los costados de las mismas (Centro de Estudios Económicos, 2017), permitiendo de esta manera, tomar consciencia de la posibilidad de ocasionar un accidente mortal de no acatarse, poder bajar la velocidad y respetar la vida de quienes viajan al interior del vehículo o los demás que cruzan y utilizan la misma vía.

Teniendo en cuenta la mortandad en las vías o autopistas y que aunque se cuente con señales de tránsito, se ve la necesidad de implementar otros elementos que hagan parte de la seguridad en las vías, es así como se crea la necesidad de amortiguar coaliciones o evitar caídas en abismos de vehículos que circulan por las mismas, nace los elementos que permitieran amortiguar el “choque” y evitar muchas muertes por este motivo, se desarrolla entonces un elemento como las defensas viales metálicas, que son elementos en acero laminados en frío, en forma de doble onda o W, las cuales se instalan sobre parales metálicos y separadores metálicos o plásticos, estructurando un sistema flexible que absorbe los impactos de los vehículos al colisionar en la vía; preservando la vida de personas y minimizando los daños al permitir la reinsertión de los vehículos a la vía. De esta manera se redujo la mortandad en accidentes de carretera o autopistas además de reducción en daños a vehículos. (López1, Arana2, & Osorio, 2015).

## **Progreso y reducción de pobreza.**

Hacia el año 2009, la infraestructura de transporte en Colombia se caracterizaba por su bajo nivel de desarrollo a pesar del crecimiento demográfico y comercial del país. Esta situación y la imposibilidad de desarrollar infraestructura de transporte de manera adecuada y eficiente durante cerca de quince años dio lugar a la implementación, desde el año 2010, de una serie de reformas legales, institucionales y de política pública estructurales dirigidas a superar las principales causas del limitado desarrollo de la infraestructura del país. El programa de concesiones viales de cuarta generación constituye un buen ejemplo del éxito de estas reformas. (María, 2016)

El Plan Nacional de Desarrollo que aprobó el Congreso para el periodo 2014-2018, fue la ruta para los años siguientes, determinando una nueva necesidad, la construcción de vías innovadoras y amplias, que permitan a la población desarrollar estrategias de intercambio comercial, lo que se traduce en desarrollo económico, de esta manera, se le apostó a reducir la pobreza y la desigualdad, y avanzar a un país lleno de oportunidades. Con el nacimiento de estas vías llamadas vías para la prosperidad o más conocidas como vías de cuarta generación (4G), llegan situaciones complejas para los ciudadanos, los Incidentes Viales (IV), esto dado que la amplitud de las vías permite a los usuarios comunes transitar de manera más ágil lo que genera una especie de confianza al punto de olvidar la importancia de las normas de tránsito.

La problemática de la severidad de los accidentes en las carreteras siempre va a estar presente en tanto no se utilicen los sistemas de contención adecuados, que ayudarían a minimizar el riesgo. Estos están enfocados y diseñados para contener y retornar los vehículos a las vías cuidando la integridad de las personas que van dentro del vehículo. En este caso existen los sistemas de contención con certificación internacional para carreteras, los cuales se caracterizan por un alto nivel de seguridad debidamente validado conforme a las normativas actuales, por la eficacia de su comportamiento, por su permanente innovación tecnológica y por el estricto control de calidad durante la fabricación. En el ámbito del equipamiento para la seguridad vial, se ofrece plena garantía sobre el desempeño de estos sistemas ante un choque vehicular; dichos sistemas están acreditados mediante ensayos de choque a escala real, aprobaciones técnicas y certificados de conformidad. Con el fin de garantizar que los elementos de protección sean óptimos y en los materiales que garanticen el objetivo de instalar estas barreras, es necesario regularlas, para ellos, se crean algunas normas que permiten garantizar a todo nivel estos elementos de protección en las vías.

Los sistemas de contención certificados para carreteras son una solución que ha mejorado las condiciones viales en Europa y Latinoamérica, enfocados a garantizar un nivel de contención, un ancho de trabajo, un índice de severidad y una capacidad de re direccionamiento cuidando la integridad de las personas que van dentro del vehículo, en México por ejemplo, esto tiene razón de ser gracias a que la Administración Federal de Carreteras (FHWA) y los administradores de AASHTO iniciaron en 1962 un programa de investigación vial nacional empleando técnicas científicas modernas, apoyado continuamente por fondos de los Estados miembros participantes de la Asociación, y la plena cooperación y apoyo de la FHWA, esto los lleva a unificar conceptos de medidas, geometrías y calidad del acero con el fin de proteger a los usuarios de las vías, exigiendo que las defensas superen ensayo a escala real, a partir de esto es donde la



AASHTO se pasa a normalizar como NCHRP-350 y MASH también realizando ensayos a escala real similar a la norma europea EN 1317-2.

## 2.3 Marco legal

### Normativa

Los cruces peligrosos por los que transitan a diario y con ganas de cambiar los entornos, estudiantes del Centro Universitario de Tonalá (CUT onalá) crearon sus propios señalamientos viales, dichas señales fueron realizadas con creatividad, la idea surgió después de identificar que los conductores del transporte no contaban con algún señalamiento que les indicara la existencia de una zona escolar, razón por la que no tomaban precauciones a la hora de conducir. (Álvarez, 2019)

Según la norma europea EN 1317-2, los sistemas de contención son ensayados mediante choques a escala real con el fin de garantizar un nivel de contención, un ancho de trabajo, un índice de severidad y una capacidad de re-direccionamiento. Si se cumple con los anterior, es posible obtener un marcado CE (AENOR, 2011). En Estados Unidos se cuenta con dos normativas en las cuales se evalúan parámetros similares; es decir, según las normas NCHRP-350 y MASH, los resultados de los ensayos a escala real deben mostrar el nivel de contención, una deflexión permanente, un índice de severidad y tener la capacidad de re-direccionar los vehículos. Dichos ensayos deben contar con la aprobación de la FHWA. (H. E. ROSS, National Cooperative Highway Research Program Report 350, 1993) y (Officials, 2009).

Los procedimientos para pruebas de choque de barandas de vehículos a gran escala se publicaron por primera vez en la Circular de Servicios de Correlación de Investigación de Carreteras 482 en 1962. Este documento de una página especificaba la masa del vehículo, la velocidad de impacto y el ángulo de aproximación para las pruebas de choque. Aunque según lo plantea (H. E. ROSS, National Cooperative Highway Research Program Report 350, 1993), “la Circular 482 aportó una medida de uniformidad a la investigación de la barrera del tráfico que luego se realizaba en varias agencias de investigación, surgieron una serie de preguntas que no se abordaron” En el artículo completo, se encuentra una revisión histórica de cómo se realizó la evolución de los sistemas de contención vial.

En Colombia, según el Instituto Nacional de Vías y Transporte INVIAS, el comportamiento de la **infraestructura vial** de los corredores logísticos, se considera con cinco categorías que permiten evaluar la calidad de la red pavimentada definidas por ellos. El modelo contiene la parametrización para evaluar el desgaste de las vías en función del tráfico promedio y de las inversiones que se realizan para la rehabilitación y el mantenimiento de las vías. (Alberto, Augusto, & Arango Serna, 2016). Para el caso de Colombia, las normas vigentes son las INVIAS 730 y la AASHTO en cuanto a la defensa metálica. En la norma INVIAS 730 se encontrarán una amplia información de los estándares que se deben tener en cuenta a la hora de fabricar e instalar las defensas de contención para carreteras. (INVIAS, 2010) En este artículo nos define los

elementos, diámetros, espesores, distancias, características de los MATERIALES enunciamos unos ejemplos triados de la Norma INVIAS 730:

- **Lámina**

Las barandas de las defensas metálicas serán de lámina de acero corrugado obtenidas por los sistemas de crisol abierto, horno eléctrico o convertidores básicos de oxígeno.

Características de la defensa: La forma de la defensa será curvada del tipo doble onda (perfil W) y sus dimensiones deberán estar de acuerdo con lo indicado en la especificación AASHTO M-180, excepto si los planos del proyecto establecen formas y valores diferentes.

- **Postes de fijación**

Podrán ser perfiles estructurales de acero en un todo de acuerdo con las dimensiones y pesos indicados en los planos y respondiendo a las características mecánicas indicadas en ellos, o perfiles de lámina de acero en U o en I, conformada en frío o en caliente, que permita sujetar la baranda por medio de tornillos sin que los agujeros dejen secciones debilitadas, que cumplan con las normas ASTM A36 o A588.

Elementos de fijación: Se proveerán tornillos de dos tipos, los cuales presentarán una resistencia mínima a la rotura por tracción de 490 MPa (49 kg/mm<sup>2</sup>).

### **Normativa europea EN 1317-2.**

A partir del 1 de enero de 2011 es obligatorio que todos los sistemas de contención de vehículos que se instalen de forma permanente en las carreteras de la Unión Europea; posean el Certificado. Para obtenerlo, se debe proceder de acuerdo con lo establecido en la norma armonizada UNE EN 1317. Esta norma, mediante impactos de vehículos a escala real, evalúa el comportamiento y clasifica los sistemas de contención para vehículos. Los criterios establecidos en estas Recomendaciones se refieren a la disposición de las barreras de seguridad metálicas en las carreteras de la red del Estado, en función de su comportamiento, definido por el valor de los parámetros obtenidos por medio de los ensayos establecidos en la norma UNE-EN 1317. Otras consideraciones complementarias que no afecten al comportamiento y funcionalidad de la barrera de seguridad metálica quedan fuera del objeto de estas Recomendaciones.

Una vez justificada la necesidad de disponer una barrera de seguridad metálica, se podrá emplear en la red de carreteras del Estado cualquier sistema de barrera de seguridad metálica que se encuentre incluido en el Catálogo anejo a esta Orden Circular. Caso de emplearse barreras no incluidas en el Catálogo, estas deberán disponer del correspondiente marcado CE, empleándose de acuerdo con las especificaciones técnicas incluidas en estas recomendaciones. En ningún caso se podrán emplear dichas barreras con disposiciones distintas a las empleadas en los ensayos acreditados, de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE-EN 1317. Las barreras de seguridad metálicas no se utilizarán en disposiciones distintas de las descritas en estas Recomendaciones y

en el Catálogo o, en su caso, de aquellas para las que han sido específicamente diseñadas y ensayadas. Únicamente se exceptúan de lo anterior las carreteras con características geométricas reducidas, así como los tramos urbanos, en las que podrán realizarse disposiciones distintas a las propuestas en estas Recomendaciones, siempre que, en los proyectos correspondientes, se justifiquen convenientemente y de forma expresa. (AENOR, 2011)

Según la **norma europea EN 1317-2**, los sistemas de contención son ensayados mediante choques a escala real con el fin de garantizar un nivel de contención, un ancho de trabajo, un índice de severidad y una capacidad de re-direccionamiento. Si se cumple con los anterior, es posible obtener un marcado CE.

Figura 1 Nivel de contención de vehículo

Ensayo	Velocidad de impacto km/h	Angulo de impacto °	Masa total kg	Tipo de vehículo
TB 11	100	20	900	Turismo
TB 21	80	8	1 300	Turismo
TB 22	80	15	1 300	Turismo
TB 31	80	20	1 500	Turismo
TB 32	110	20	1 500	Turismo
TB 41	70	8	10 000	Vehículo pesado no articulado
TB 42	70	15	10 000	Vehículo pesado no articulado
TB 51	70	20	13 000	Autobús
TB 61	80	20	16 000	Vehículo pesado no articulado
TB 71	65	20	30 000	Vehículo pesado no articulado
TB 81	65	20	38 000	Vehículo pesado articulado

Fuente (AENOR, 2011, pág. 10) En la siguiente figura 1, se ilustrar el tipo de vehículo, peso y velocidad, las especificaciones y desviaciones del vehículo deben cumplir la Norma EN 1317-1.

Figura 2 Niveles de contención de las barreras de seguridad

Niveles de contención			Ensayos de aceptación
Baja contención	T1		TB 21
	T2		TB 22
	T3		TB 41 y TB 21
Contención normal	N1		TB 31
	N2		TB 32 y TB 11
Alta contención	H1		TB 42 y TB 11
		L1	TB 42 y TB 32 y TB 11
	H2		TB 51 y TB 11
		L2	TB 51 y TB 32 y TB 11
	H3		TB 61 y TB 11
		L3	TB 61 y TB 32 y TB 11
Muy alta contención	H4a H4b		TB 71 y TB 11 TB 81 y TB 11
		L4a L4b	TB 71 y TB 32 y TB 11 TB 81 y TB 32 y TB 11

Fuente\_(AENOR, 2011, pág. 11)\_En la figura 2 se muestran los niveles de contención de las barreras de seguridad (incluyendo los pretiles para puentes) se deberá cumplir con estos requisitos cuando se hayan ensayado los criterios definidos en la figura 1.

Figura 3 Evaluación de los índices de Severidad del impacto

Nivel de severidad del impacto	Valores de los índices		
A	ASI $\leq$ 1,0	y	THIV $\leq$ 33 km/h
B	ASI $\leq$ 1,4		
C	ASI $\leq$ 1,9		

Fuente\_(AENOR, 2011, pág. 12)\_En la figura 3 se muestra la evaluación de los índices de severidad del impacto ASI y THIV para los ocupantes del vehículo.

En esta norma europea es una revisión de la norma EX1317-2 1988, la actual contiene mejoras para los métodos de los ensayos de impacto de acuerdo a las imágenes 2-3 y 4, adicional

introduce las familias de productos y una plantilla uniforme. Con el fin de mejorar la seguridad, el diseño de las carreteras puede requerir la instalación en ciertos tramos y en lugares definidos por las autoridades locales o nacionales, de barreras de seguridad incluyendo los pretiles de puentes, estos diseñados para contener a los vehículos fuera de control de manera segura, protegiendo los usuarios dentro del vehículo y otros usuarios en la vía, sea peatones o conductores. (AENOR, 2011)

Figura 4 Países que están obligados adoptar la Norma Europa

Nuevo anexo informativo que define un posible criterio para evaluar si la longitud de la muestra de ensayo es suficiente.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

Fuente\_ (AENOR, 2011, pág. 8) En la figura 4 se enuncian los países que están obligados a adoptar la norma europea de los organismos de normalización.

### **Normas NCHRP-350 y MASH.**

Según las normas NCHRP-350 y MASH presentan procedimientos para ensayar choques vehiculares, y evaluar en servicio los dispositivos de seguridad o elementos al costado de la calzada. Los dispositivos incluidos en estos procedimientos son:

- 1) barreras longitudinales; tales como barandas de puentes, barandas, barreras de mediana, transiciones, y terminales;
- 2) amortiguadores de impacto;
- 3) soportes de señales y luminarias quebradizos o flexibles;
- 4) postes quebradizos de servicios públicos;
- 5) amortiguadores de impacto montados en camión; y
- 6) dispositivos de control de tránsito de zona de trabajo vial.

El objetivo es promover ensayos y evaluación en servicio uniforme es de los dispositivos de seguridad al costado de la calzada, para que los ingenieros viales puedan comparar confiadamente el desempeño de seguridad de diseños probados y evaluados por diferentes agencias. (Officials, 2009) y (H. E. ROSS, National Cooperative Highway Research Program Report 350, 1993). Con base a las **normas NCHRP-350 y MASH** la descripción de vehículos de ensayo. El desempeño al impacto de un dispositivo de seguridad vial puede evaluarse con un modelo de vehículo de producción comercialmente disponible, o con un vehículo sustituto

validado, en la norma indica que se deben usar vehículos de los que normalmente están en circulación en las vías, el paragolpes del camión semirremolque debe ser equipado original.

Figura 5 Propiedades en los ensayos de la NCHRP-350

<b>Tabla 2.1 Propiedades recomendadas de vehículos de ensayo 700C, 820C, 2000P</b>			
<b>Propiedad</b>	<b>700C (Auto liviano)</b>	<b>820C (Auto liviano)</b>	<b>2000P (camioneta pickup)</b>
<b>MASA (kg)</b>			
Ensayo inercial	700 ± 25	820 ± 25	2000 ± 45
Maniquí	75	75	-
Máx. Lastre	70	80	200
Bruto estático	775 ± 25	95 ± 25	2000 ± 45
<b>DIMENSIONES (cm)</b>			
Distancia entre ejes	230 ± 10	230 ± 10	335 ± 25
Voladizo delantero	75 ± 10	75 ± 10	80 ± 10
Longitud total	370 ± 20	370 ± 20	535 ± 25
Ancho de huella <sup>b</sup>	135 ± 10	135 ± 10	165 ± 15
<b>UBICACIÓN CENTRO DE MASA<sup>a</sup> (cm)</b>			
Popa de Eje Delantero	80 ± 15	80 ± 15	140 ± 15
Encima del suelo	55 ± 5	55 ± 5	70 ± 5
<b>UBICACIÓN DE MOTOR</b>	Frente	Frente	Frente
<b>UBICACIÓN DEL EJE</b>	Frente	Frente	Atrás
<b>TIPO DE TRANSMISIÓN</b>	Manual o Automático	Manual o Automático	Manual o Automático

**Fuente** (H. E. ROSS, National Cooperative Highway Research Program Report 350, 1993, pág. 24) En la figura 5, se muestra una de las propiedades recomendadas para tener presente en los ensayos de acuerdo a la norma americana NCHRP-350.

## 2.4 Marco teórico:

### Sistemas de contención en el mundo.

Con el fin de tener un panorama a nivel mundial, sobre las condiciones de las carreteras y su mejoramiento a través del tiempo, se hace un rastreo por la WEB, donde se encuentran algunos casos a nivel mundial en el que al usar las barreras de protección se evidencia disminución en la severidad de los accidentes viales, uno de ellos es en Perú, puntualmente en el distrito de Pativilca, en la ruta a Conococha, en esta vía se encuentran 15 puntos potenciales donde se pueden presentar altos índices de accidentes fatales, según es manifestado por el grupo TDM (soluciones integrales de ingeniería), luego de realizar los estudios y análisis de la situación, se determina que se requiere de manera urgente instalar elementos de seguridad de contención, es por ello que se toma la decisión por parte del gobierno de realizar instalación de barreras de contención certificadas y acorde a la norma Europea, estas barreras garantizan impactos sin víctimas fatales de vehículos entre 900 kilogramos y 16 toneladas, a velocidades de 100 kph y 80 kph, respectivamente. Tal como se manifiesta en el apartado normativo de este documento, estos

sistemas han sido ensayados y certificados en pruebas reales de impacto, en donde ha sido evaluada la contención del vehículo, su redireccionamiento y la gravedad del accidente (Integrales, 2018).

Por otro lado, en España, donde se cuenta con la infraestructura vial más moderna y de donde surgen las normas que buscan el mejoramiento y la calidad de los implementos de contención vial, muestra que aun en dicho país, el 30% de las barreras de seguridad instaladas en las carreteras españolas, presentan defectos de conservación, según lo explica la Asociación Española de la Carretera, quien manifiesta además que en dichos elementos protectores viales se destaca la oxidación y deformación, uniones no aptas, tramos con alineación incorrecta y extremos no enterrados según manifiesta (Carretera, 2016) “El correcto funcionamiento de estos sistemas, como del resto de elementos, está sujeto a un adecuado mantenimiento de los mismos, de la propia barrera y su instalación, de igual manera se encuentran otros elementos como el óxido sobre el acero y los tramos con alineación incorrecta”. (Carretera, 2016), lo que significa que al momento de entregar un producto con las condiciones solicitadas en el marco del cumplimiento de la norma, también se debe cuidar la conservación del mismo. De lo contrario implicaría un retroceso y un despilfarro económico que, de acuerdo con las conclusiones del informe de la Asociación Española de la Carretera, la inversión que sería necesaria para reponer ese 30% de barreras deterioradas, considerando las redes del Estado y Autonómica en su conjunto, ascendería a 229 millones de euros, es decir, ochocientos cincuenta y ocho mil novecientos noventa y dos millones de pesos colombiano aproximadamente \$858.992.509.168 una cifra nada despreciable.

Se evidencia entonces que la fabricación de las barreras de seguridad responde a unos procesos de control muy exigentes, entre ellos, la superación de los ensayos de choque a escala real para verificar su correcto funcionamiento. Las pruebas son realizadas por laboratorios acreditados, utilizando distintos tipos de vehículos o maniqués. Por ello, una instalación inadecuada o una mala conservación podrían afectar a la respuesta de estos sistemas en caso de accidente.

### **Cuidando vidas y vías con innovación**

Según expresan Investigadores del grupo Ingeniería de la Construcción junto con las empresas GIVASA, SERVIÀ CANTÓ, EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS y otras, se han diseñado y construido un prototipo de barrera protectora de hormigón para vías interurbanas que, en comparación con las de hormigón in situ instaladas hasta ahora, reduce el grado de severidad del impacto de los vehículos en caso de accidente y, por tanto, las lesiones que puedan padecer las víctimas.

Además de mejorar la seguridad de los ocupantes del vehículo, el nuevo modelo de barrera, pionero en Europa, es más económico y respetuoso con el medio ambiente que las soluciones existentes, ya que permite reducir hasta un 10% el consumo de hormigón y evitar la emisión de hasta 6,6 toneladas de CO<sub>2</sub> por kilómetro de barrera construida. Otro punto favorable de la nueva barrera de hormigón de fabricación in situ es que, comparada con otros sistemas de contención de vehículos, y gracias a la alta resistencia ante un impacto, reduce el coste de mantenimiento durante su vida útil, estimada en cien años tomado de (INTEGRAL, 2016)

Desde el punto de vista económico, la nueva barrera es más competitiva que las de hormigón prefabricado. Asimismo, requiere un mantenimiento prácticamente nulo, ya que no hace falta desinstalar ningún tramo después de un siniestro, con lo cual se minimizan las afectaciones del tráfico en caso de reparación, a diferencia de lo que ocurre con las barreras metálicas. Precisamente, el 10 % de los problemas de congestión en las carreteras están directamente relacionados con las tareas de mantenimiento y reposición de las barreras, según estima la Federal Highway Agency (FHWA) de Estados Unidos. Tomado de (INTEGRAL, 2016).

Este panorama, hace relevante la necesidad urgente que tiene el país de fortalecer de acuerdo a la normatividad existente, las barreras de protección en las carreteras, especialmente en las que se construyen en la actualidad, de esta manera se estaría evitando la pérdida de vidas como punto fundamental, se minimizaría la siniestralidad de los accidentes, se cuidaría el medio ambiente y se ahorraría en los costos a futuro.



## Capítulo 3 Diseño metodológico

Cada uno de estos apartados debe contener su respectiva justificación.

### 3.1 Línea de investigación institucional

Innovaciones sociales y productivas.

*Las apuestas productivas de las regiones y de cualquier sector de la producción del país necesitan de apuestas de conocimiento críticas. En esta relación, entre apuestas productivas y apuestas de conocimiento, es clave la innovación, entendida como la incorporación de conocimiento a la producción de bienes y servicios. Pero es claro que el cambio técnico, demanda de aprendizajes e innovaciones organizacionales y sociales” (EL SISTEMA DE INVESTIGACIONES CTI&S, 2012).*

Las vías se construyen para impulsar el proceso de desarrollo económico, es decir, para incentivar el crecimiento económico y el bienestar de la población. En el análisis de este trabajo se presenta primero cómo se concibe en Colombia este impulso de las vías al desarrollo económico, para luego caracterizar y discutir la manera como se pretende manejar el impacto en la población de uno de los proyectos en Colombia más importantes como lo es la Construcción de las Vías 4G.

La infraestructura vial es una prioridad para el desarrollo económico del país, en vista de la brecha que existe con otros países de la región y del mundo. El propósito de la gestión territorial de un proyecto de infraestructura vial es manejar integralmente su impacto social, económico y ambiental en el área de influencia para que la vía pueda cumplir su función de soporte del desarrollo económico. Se trata aquí de confrontar las medidas oficiales de manejo del impacto del proyecto con las necesidades del territorio, mediante un análisis de la información primaria y secundaria recopilada, con la expectativa de documentar y sustentar la necesidad de la emigración de los sistemas de contención vial instalados en la actualidad en Colombia por los Sistemas Internacionalmente Certificado a pruebas de choque que hoy día se instalan en diferentes países del mundo, logrando con ello, minimizar la severidad de los impactos en un accidente de tránsito, donde esto lleva a salvar las vidas de los ocupantes del vehículo o disminuir las gravedad de las contusiones generadas por el mismo accidente en el impacto.

### 3.2 Eje temático

Facultad de administración de empresas y ciencias económicas Centro regional Aburrá Sur

### 3.3 Enfoque de investigación y paradigma investigativo

Retomando los planteamientos de autores como, Hernández Fernández y Baptista (2003) citado en (FERRER, 2010), quienes establecen varios tipos de investigación basándose en la estrategia de investigación que se emplea, se considera entonces, que el presente trabajo, se debe enfocar al tipo de **investigación explicativa- descriptiva, no experimental**, es decir, que será de carácter

mixto, permitiendo de esta manera la descripción de las variables desde la observación, debido a que el objetivo principal es desarrollar un estudio de viabilidad para la migración de los sistemas de contención vial actual en Colombia según la norma INVIAS 730 del 2010, a los sistemas de seguridad internacionalmente certificados (Choque a escala real) para implementar en las carreteras de cuarta generación 4G.

### **3.4 Diseño**

Se elaborará un marco teórico que ofrezca aportes a la base conceptual y contextual para el desarrollo de la estrategia, lo anterior, mediante un estado del arte en relación a los artículos, autores, y las instituciones que han abordado el tema de dicho estudio. A partir de esta revisión bibliográfica se referenciarán diferentes herramientas contextuales que han de servir como base para el caso de estudio expuesto en este trabajo, posterior a ello se hará un cuadro comparativo, para obtener un análisis mediante una matriz DOFA donde se plasmen y justifiquen las oportunidades y fortalezas que tiene cada Norma respecto a los elementos de contención vial instalados a nivel nacional y los instalados a nivel internacional, seguido a esto se procederá a realizar el costeo ambos sistemas de contención vial, para hacer el estudio de viabilidad de la migración con el fin de proponer el mejor sistema y así proteger las vidas de quienes utilizan las carreteras 4G.

### **3.5 Alcance descriptivo**

Se busca observar los sistemas de contención instalados en las vías de cuarta generación, y compararlas con las instaladas en otras partes del mundo, todo enmarcado en lo planteado desde las normas, es decir, que para poder lograr los objetivos deseados con el presente trabajo de investigación, se deberá realizar una revisión y descripción documental y con ello se tendrá que hacer algunos seguimientos a la norma, los cuales permiten visualizar la magnitud de la problemática a estudiar como también saber que herramientas se pueden utilizar según las necesidades en la comunidad y el estado de las protecciones

### **3.6 Población**

Dado que el presente trabajo aplica para las constructoras y proveedores de las vías 4G en Colombia, se define que la población se encuentra sujeta al alcance de esta. Esto quiere decir que la población puntual sería el departamento de Antioquia.

### **3.7 Tamaño de muestra**

Se seleccionó proveedores ubicados en el área del valle de aburra, como segmento de análisis o muestra, dado que en dicha área se identifica la mayoría de los proveedores y constructoras de las vías 4G del país. Es decir, esta área metropolitana seleccionada es suficiente y asequible para solicitar las cotizaciones pertinentes para el análisis.

Para presentar el listado de los proveedores se hará una breve explicación del proceso como se ejecuta un proyecto de la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura dependencia del ministerio de transporte) es de aclarar que en cada departamento del país tiene sus concesiones de las vías (ANI, Agencia Nacional de Infraestructura, 2012), estas nacen porque se tiene la necesidad de

construir o mantener vías existentes en el país en óptimas condiciones. Lo primero es generar de los estudios de las vías y luego la factibilidad para saber si se cuenta con el presupuesto necesario para llevar a cabo el proyecto (Construcción o mantenimiento) es ahí donde se saca la licitación del proyecto se hace la invitación a las empresas Constructoras del País y se escoge la que cumpla con las especificaciones técnicas y el presupuesto para la ejecución. Luego se hace el trámite para la aprobación del dinero y se haga el desembolso, seguido a esto se inicia con la operación de las vías, donde se crea un consorcio constructor y la concesión que es la que supervisa al consorcio constructor siendo la misma empresa con diferentes figuras. El consorcio constructor realizar las subcontrataciones necesarias para llevar acabo la construcción de la vía (ANI, Contrato de concesión de cuarta generación (4G), parte general, 2012). En el mercado tenemos las siguientes figuras: Fabricantes de las defensas viales que se presentan en las licitaciones significativas y los distribuidores que se presentan inicialmente con su razón social (Señalizaciones Verticales y Horizontales y servicios de instalación.) como ejemplo tenemos la empresa INVISEÑALES SAS (Digital, s.f.)

Tabla 1 Listado de Fabricantes y proveedores defensas viales

<b>FABRICANTES DEFENSAS VIALES</b>	
<b>EMPRESA</b>	<b>CIUDAD</b>
CORPACERO	BARRANQUILLA - ATLANTICO
FANALCA SA	CALI - VALE DEL CAUCA
GONVARRI MS COLOMBIA SAS	ITAGUI - ANTIOQUIA
PERALTA PERFILERIA	BOGOTA D.C / BARRANQUILLA
<b>SEÑALIZADORES Y DISTRIBUIDORES DE DEFENSAS VIALES</b>	
<b>EMPRESA</b>	<b>CIUDAD</b>
3S INGENIERÍA	MEDELLÍN
ABASTECER	BOGOTÁ
ABC DEMARPAV	RIONEGRO
COMSEVIAS	BUCARAMANGA
ESTRUCTURAS Y SEÑALIZACIONES	CALI
FERRERÍA	BOGOTÁ
IMAGEN URBANA	MEDELLÍN
INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA	MEDELLÍN
OCI LTDA	BOGOTÁ
PLUSVIAL	BOGOTÁ
PROGEN	BOGOTÁ
SEGURIDAD SERVICIO Y SEÑALIZACIÓN	BARRANQUILLA
SOCINTER	BOGOTÁ
SOMOS APS	MEDELLÍN
TECNISEÑALES	BARRANQUILLA
UFRABE	BOGOTÁ

Fuente: Propia del grupo de Investigación.

Tabla 2 Proyectos de las Vías 4G en Colombia

<b>PROYECTOS DE LAS VIAS 4G EN COLOMBIA</b>			
<b>PRIMERA OLA</b>			
<b>PROYECTO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CONSTRUCTORAS</b>	
1	Conexión Autopista Pacifico 1	ANTIOQUIA	Concesionaria vial del Pacifico
2	Conexión Autopista Pacifico 2	ANTIOQUIA	Concesionaria vial del Pacifico
3	Conexión Autopista Pacifico 3	ANTIOQUIA/CALDAS	Cóndor-Meco-MHC-Concesionaria-
4	Girardot - Puerto Salgar - Honda (ALMA)	TOLIMA CUNDINAMARCA	MHC-MECO-ING.DE VIAS-PAVCOL
5	Corredor Perimetral del Oriente de Cundinamarca (POB)	CUNDINAMARCA	Constructor CJV y COLPATRIA - Concesionaria
6	Cartagena - Barranquilla y Circunvalar del Atlantico	CARTAGENA BARRANQUILLA	COLPATRIA-MECO-MARIO HUERTAS
7	Concesión Autopista Conexión Norte (AUTOP. NORDESTE)	ANTIOQUIA	( AUTOPISTA DEL NORDESTE ) SP INGENIEROS-KMA-VALORCON - SOLARTE-UNIDAD DE INFRAESTRUCTURA Y CONSTRUCCIONES ASOCIADAS SAS- GRUPO ORTIZ
8	Autopista Rio Magdalen 2	ANTIOQUIA	Concesionaria OHL
9	Mulalo-Loboguerrero Cali-Dagua-Loboguerrero	VALLE	DRAGADOS
10	Ocaña-Gamarra	NTE DE STDER CESAR	PENDIENTE DE ADJUDICACIÓN
<b>SEGUNDA OLA</b>			
<b>PROYECTO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CONSTRUCTORAS</b>	
1	Puerta de Hierro - Cruz del Vizo - Palmar de Varela	BOLIVAR/ATLÁNTICO	SACYR
2	SISGA-EL SECRETO	CUNDI/BOYACÁ CASANARE	KMA-OBRESCA-ORTIZ
3	Santana - Mocoa - Neiva	HUILA/PUTUMAYO	ALIADAS ( SOLARTE )
4	Santander de Quilichao - Popayán	CAUCA	SOLARTE-HIDALGO
5	Villavicencio - Yopal	META/CASANARE	COVORIENTE
6	Rumichaca - Pasto	NARIÑO	SACYR
7	Concesión Autopista al mar 1	ANTIOQUIA	SACYR
8	Concesión Autopista al mar 2	ANTIOQUIA	CHINA HARBOUR

TERCERA OLA		
PROYECTO	UBICACIÓN	CONSTRUCTORAS
1 Bucaramanga- Pamplona	SANTANDER/NTE DE SANTANDER	Concesionaria- Constructor- Autovía Bucaramanga - Pamplona SAS ( CSS CONSTRUCTORES S.A)
2 Cucuta- Pamplona	NTE DE SANTANDER	SACYR
3 Barbosa- Bucaramanga	ANTIOQUIA	CONSORCIO VINUS Y AUTOPISTA MAGDALENA
INICIATIVAS PRIVADAS (APP)		
PROYECTO	UBICACIÓN	CONSTRUCTORAS
1 Concesión Autopista al Río Magdalena 1 - Vías del Nus	ANTIOQUIA	MINCIVIL-SP INGENIEROS-CONDOR-EDL-LATINCO
2 Girardot- Ibagué- Cajamarca (GICA)	TOLIMA	LATINCO-MINCIVIL-COLPATRIA-CONSORCIO BOQUERÓN DEL TOLIMA
3 Malla vial del meta	META	CONCESIÓN VIAL DE LOS LLANOS
4 Chirajara- Villavicencio	META	COVIANDINA
5 Cesar- La Guajira	CESAR	CONSTRUCCIONES EL CONDOR
6 Cambao- Manizales	CALDAS	ALTERNATIVAS VIALES
7 CONCESION RUTA AL MAR (Antioquia- Bolívar)	ANTIOQUIA/CORDOBA BOLIVAR	CONSTRUCCIONES EL CONDOR
8 Neiva- Girardot	HUILA	Concesionaria- Constructor
9 Bogotá- Girardot (VÍA 40 EXPRESS)	CCUNDINAMARCA	CONSYRUCTIRA CONCRETO
10 Buga- Buenaventura	CAUCA	SOLARTE- VÍA PACÍFICO
11 ACCESOS NORTE BOGOTÁ	BOGOTÁ	MINCIVIL-CASTRO TCHERASSI

Fuente: Propia del grupo de Investigación.

### 3.8 Fuentes, Técnicas e instrumentos de recolección de información y datos.

La información requerida para el desarrollo del proyecto es en primera instancia las fuentes primarias, las cuales son: datos históricos. Iniciando con datos sobre accidentalidad en las vías 4G de Colombia y los sistemas de contención vial que se instalan, igualmente, la Normalización vial, los cuales se han ido recolectando durante la realización de este documento, encontrando que muchas de las causas de la accidentalidad obedecen a las necesidades de mejoramiento de las vías en general, ello implica desde el pavimento y la señalización, hasta los sistemas de contención.

Una vez revisado el tema mediante las fuentes mencionadas, se procederá a la utilización de fuentes Secundarias como libros, artículos de revistas y fotos de la web. Con el fin de ampliar el tema, desde la perspectiva del contexto social, es decir, reportajes relacionados con el tema, puesto que en este tipo de información se evidencia la posición de las personas.

### Tabla de Comparativos.

Adicional a lo anterior y en coherencia con los objetivos específicos del presente documento, se presenta un cuadro comparativo, del cual se espera obtener información que permita encontrar las causas o razones por las cuales no se han generado alternativas de solución al problema planteado, igualmente se espera que la información suministrada en dicho cuadro permita generar una posible solución que articule las normas de seguridad vial.

Tabla 3 Comparativos de Normas Invias

PARÁMETROS	NORMAS INVIAS			
	INVIAS ART 730	NCHRP-350	MASH	EN-1317

Fuente: Propia del grupo de Investigación

### Solicitud de cotizaciones.

Inicialmente se hace la identificación de los proveedores que suministran e instalan estos sistemas de contención a las Constructoras o Consorcios Viales; luego se procede a realizar la solicitud de las cotizaciones, este se realizará mediante correo electrónico, con esto se espera obtener los precios de los sistemas para hacer el estudio financiero creando escenarios Optimistas, Pesimista y moderado para tener certeza cómo será la fluctuación de los precios en el transcurso de tres años.

La información requerida para el desarrollo del proyecto es en primera instancia las fuentes primarias, las cuales son: datos históricos. Iniciando con datos sobre accidentalidad en las vías 4G de Colombia y sistemas de contención vial utilizados en las vías 4G de Colombia, igualmente, la Normalización vial, los cuales se han ido recolectando durante la realización de este documento, encontrando que muchas de las causas de la accidentalidad obedecen a las necesidades de mejoramiento de las vías en general, ello implica desde el pavimento y la señalización, hasta los sistemas de contención.

Una vez revisado el tema mediante las fuentes mencionadas, se procederá a la utilización de fuentes Secundarias como libros, artículos de revistas y fotos de la web. Con el fin de ampliar el tema, desde la perspectiva del contexto social, es decir, reportajes relacionados con el tema, puesto que en este tipo de información se evidencia la posición de las personas.

### **3.9 Análisis y tratamiento de datos**

#### **Matriz DOFA.**

Esta matriz será diligenciado posterior a la recolección de información de las fuentes primarias para el análisis de la información recibida en base al diagnóstico con la tabla de comparativos, plantear la estrategia a seguir.

“Debido a la facilidad de aplicación del análisis DOFA, este también se utiliza ampliamente para estudiar problemas técnicos críticos en áreas muy distintas para la cual fue diseñado inicialmente. Es así como se aplica con éxito en procesos de planta, logística, penetración de mercados, preparación de portafolios de inversión, estructuración empresarial, aplicación de políticas internas, planeación estratégica, nuevas inversiones, implementación de procesos, evaluación de nuevas tecnologías y muchos temas más” (CORREA, 2006).

## Capítulo 4

### Resultados y discusiones

En este párrafo se le dará atención especial al rastreo documental donde se evidencian las diferencias entre la normativa colombiana vs las normativas del exterior que contienen procedimientos estándar de ensayo, evaluación y clasificación de los sistemas de contención vehicular.

Los ensayos a escala son pruebas normadas que han sido diseñadas para evaluar uno o más de los principales factores que afectan el comportamiento de los sistemas de contención vehicular, como el comportamiento estructural, el riesgo para los ocupantes del vehículo y el comportamiento del vehículo de ensayo después del impacto. Su propósito es verificar el adecuado funcionamiento del sistema, para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo, otros usuarios de la vía y terceros vulnerables. Se definen los siguientes parámetros para evaluar la eficiencia de las barreras de contención vehicular y definir los límites de aceptación, así como las clases técnicas:

- Nivel de contención.
- Severidad del impacto.
- Deformación del sistema de contención.
- Capacidad de redireccionamiento o trayectoria del vehículo después de impactar el sistema.

Existen dos normativas para la evaluación de sistemas de contención vehicular, la Norma Europea EN 1317 y la Norma NCHRP Reporte 350 estadounidense. Estas normativas contienen procedimientos estándar de ensayo, evaluación y clasificación de los sistemas de contención vehicular.

Se toman como muestra estas dos normativas porque son las que implementan como referencia en América latina y Europa para adaptar a sus normas o circulares en los distintos Países. Se realiza un comparativo con la Normativa colombiana de los parámetros más relevantes que se deben tener en cuenta para salvar la vida de los usuarios, se evidencia notablemente que la norma INVIAS ART 730 es descriptiva solo habla de temas dimensionales y propiedades mecánicas del acero como se muestra en el siguiente cuadro.



Figura 6 Comparativo de Normas Invias Nacionales e internacionales

NORMAS INVIAS				
PARÁMETRO	INVIAS ART 730	NCHRP-350	MASH	EN-1317
USO DE BARRERAS DE PROTECCIÓN	En proyectos nuevos, de mantenimiento o rehabilitación, se determina durante la fase constructiva y depende del presupuesto que se disponga en ese momento.	En proyectos de nuevas carreteras o acondicionamiento de las existentes, la necesidad de disponer o no de barreras de protección se presentará en las fases iniciales de diseño y trazado de la vía.		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE BARRERA DE PROTECCIÓN	Sólo se considera una única barrera para todas las carreteras del país.	Depende del riesgo de accidentalidad, la distancia entre el borde final de la vía y el obstáculo o desnivel, vehículo pesado de mayor circulación, velocidad de diseño y severidad del impacto en caso de generarse		
NIVEL DE CONTENCIÓN DE LA BARRERA DE PROTECCIÓN	N.A	La norma cuenta con 6 niveles de contención o TL (Test Level) que son: TL1, TL2, TL3, TL4, TL5 y TL6.	La norma cuenta con 6 niveles de contención o TL (Test Level) que son: TL1 MASH, TL2 MASH, TL3 MASH, TL4 MASH, TL5 MASH y TL6 MASH.	La norma cuenta con 7 niveles de contención que son: N1, N2, H1, H2, H3, H4a y H4b.
DEFORMACIÓN DE LA BARRERA DE PROTECCIÓN	N.A	Dicho parámetro se determina en los ensayos de choque a escala real y se reporta como "Deflexión permanente".		Dicho parámetro se determina en los ensayos de choque a escala real y se reporta como "Ancho de trabajo". La norma lo clasifica en 8 rangos que son: W1 ( $\leq 0,6m$ ), W2 (0,6m-0,3m), W3 (0,3m-1,0m), W4 (1,0m-1,3m), W5 (1,3m-1,7m), W6 (1,7-2,1m), W7 (2,1m-2,5m) y W8 (2,5m-3,5m).
ÍNDICE DE SEVERIDAD DEL CHOQUE	N.A	Se mide durante el ensayo de choque a escala real de un vehículo liviano y se reporta en los informes de resultados.		Se mide durante el ensayo de choque a escala real de un vehículo liviano y se reporta en los informes de resultados. De acuerdo al valor obtenido, se supera o no el ensayo ( $ASI \leq 1,4$ superado y $ASI > 1,4$ no superado).
INSTALACIÓN	La norma menciona cómo se debe realizar el proceso de instalación y las medidas supervisar por parte de la interventoría del proyecto. Dicho proceso se realiza de manera manual generalmente.	Cada barrera de protección tiene su propio manual de instalación, en donde se detalla paso por paso cómo se debe realizar ese proceso. En este caso, toda instalación debe realizarse como equipo mecánico (máquina hincadora).		

Fuente: Propia del grupo de Investigación

Se hará una descripción más amplia de cada termino descrito en la tabla de comparativos para sustentar el por qué son los parámetros más relevantes, con lo que se invita al Estado a migrar a los sistemas certificados.

### Uso de barreras de protección:

La instalación de un sistema de contención en los márgenes de carretera debe ser la última actuación a considerar en la gestión de la seguridad de los márgenes. Un sistema de contención de vehículos debe considerarse en sí mismo un obstáculo presente en los márgenes de carretera y solamente debería instalarse en aquellos casos en los cuales su ausencia pudiese provocar la ocurrencia de un accidente mucho más grave que la colisión contra el sistema de contención. Por ejemplo, en una sección en terraplén con una considerable altura y fuertes inclinaciones transversales del talud, la instalación de una barrera de seguridad puede ser la alternativa más

adecuada desde el punto de vista costo – beneficio. Así mismo, la instalación de una barrera de seguridad en una sección de carretera con alto valor ecológico y con una multitud de árboles localizados en el margen de carretera puede constituir la mejor alternativa desde el punto de vista medioambiental.

### **Determinación del tipo de barrera de protección:**

Para el caso de una barrera certificada, se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones al momento de elegir la barrera más conveniente:

- Funcionamiento y comportamiento de la barrera certificada.
- Las condiciones del terreno.
- El espacio disponible (ancho de trabajo y deflexión dinámica)
- Necesidades especiales (conexiones, anclajes, abatimientos, etc.)
- La menor deformación del vehículo.

El proceso de selección de una barrera de contención vehicular es complicado debido a las diferentes situaciones que se encuentran en los márgenes de las vías y las múltiples opciones de sistemas disponibles en el mercado. Se debe enfatizar que la mejor opción es aquella que brinda el nivel de protección requerido al menor costo durante un determinado período.

Instalar una barrera de seguridad o cualquier otro sistema de contención vehicular debe considerarse como última opción. Siempre se debe analizar la viabilidad técnica y económica de otras opciones que incluyen la eliminación, modificación o mitigación del peligro potencial. De no ser factible la solución del problema de seguridad existente en los márgenes de una carretera mediante la eliminación o modificación del peligro existente, y sea necesario instalar una barrera de seguridad, la elección del sistema debe basarse en criterios técnicos objetivos y oficialmente establecidos.

### **Nivel de contención de la barrera de protección:**

Para la selección del nivel de contención, primero se debe determinar mediante un estudio de tráfico los tipos de vehículos que transitan en el tramo de la vía donde será necesaria la instalación de la barrera de seguridad. El nivel de contención es la capacidad de la barrera de seguridad de absorber la energía de impacto de un vehículo, manteniendo una adecuada deformación, deceleración y capacidad de redireccionamiento del vehículo.

Se han definido los siguientes niveles de contención y criterios básicos para su aplicación:

- P1 - Bajo: se utilizarán estas barreras para condiciones de nivel de servicio bajo como en zonas urbanas o en carreteras de bajo volumen de tránsito donde predominen el tránsito de vehículos livianos con velocidades de hasta 50km/h, también pueden ser utilizado como barreras temporales.
- P2 - Medio: es el nivel mínimo requerido para carreteras de alta velocidad donde predomine el tránsito de vehículos livianos.

- P3 - Medio alto: es el nivel de contención recomendado para vías que tienen un tráfico principal de vehículos de transporte público y autobuses interurbanos con pesos brutos de hasta 10 toneladas.
- P4 - Alto: es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de vehículos pesados como camiones y autobuses con pesos brutos de hasta 30 toneladas.
- P5 - Muy alto: es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de camiones tráiler y semi tráiler.

En la Tabla 4 se aprecia los diferentes niveles de contención que pueden ser considerados por los diseñadores, en el cual podrán utilizar su correspondiente norma NCHRP Report 350 ó EN-1317

Tabla 4 Niveles de contención

Nivel de contención	NCHRP Report 350	EN-1317
P1 — Bajo	TL2	N1
P2 – Medio	TL3	N2
P3 – Medio alto	TL4	H1, H2, H3
P4 – Alto	TL5 o TL6	H4a
P5 – Muy Alto	-	H4b

Fuente: Propia del grupo de Investigación, basados en la información de las normas NCHRP Report 350 ó EN-1317.

Los criterios de ensayo de las normativas EN 1317 y Reporte 350 NCHRP pueden compararse según el nivel de contención o energía cinética transversal que el sistema es capaz de retener de manera controlada. En la Tabla # 5 se muestran los valores de la energía cinética transversal correspondiente a los ensayos a que son sometidas las barreras de seguridad de cada nivel de contención. Para cada una de las pruebas se muestra el tipo de vehículo y sus características (masa y altura del centro de gravedad CG), la velocidad y ángulo de impacto del vehículo y la energía cinética transversal capaz de retener el sistema.

Tabla 5 Niveles de pruebas definidos en la normativa EN1317

Nivel de Prueba	Masa del Vehículo (kg)	Tipo de Vehículo	Velocidad del Impacto (km/h)	Ángulo de Impacto (grados)	Altura CG (mm)	Energía Cinética (KJ)
N1	1500	C	80	20	530	43,33
N2	900	C	100	20	490	40,62
	1500	C	110	20	530	81,91
H1	900	C	100	20	490	40,62
	10000	R	70	15	1500	126,63
H2	900	C	100	20	490	40,62
	13000	B	70	20	1400	287,48
H3	900	C	100	20	490	40,62
	16000	R	80	20	1600	462,13
H4a	900	C	100	20	490	40,62
	30000	A	65	20	1600	572,03
H4b	900	C	100	20	490	40,62
	38000	A	65	20	1900	724,57

Fuente: Propia del grupo de Investigación, basados en la información de las normas EN-1317.

#### NOTAS:

Tipo de vehículos:

C: Auto

B: Bus

A: Vehículo articulado de carga pesada.

R: Vehículo rígido de carga pesada.

En Estados Unidos de América se han definido 6 niveles de prueba o clases técnicas, las cuales se definen en el Reporte 350 NCHRP. En la Tabla # 6 se muestra para cada una de las clases técnicas, dos de los tipos de vehículos utilizado en el ensayo a escala real (para efectos de comparación con los niveles de prueba realizados con la Normativa EN 1317) y sus características (masa y altura del centro de gravedad CG), la velocidad y ángulo de impacto del vehículo y la energía cinética transversal capaz de retener el sistema.

Tabla 6 Niveles de prueba definidos en la normativa NCHRP Report 350.

Nivel de Prueba	Masa del Vehículo (kg)	Tipo de Vehículo	Velocidad del Impacto (km/h)	Ángulo de Impacto (grados)	Altura CG (mm)	Energía Cinética (KJ)
TL1	820	C	50	20	550	9,25
	2000	P	50	25	700	34,45
TL2	820	C	70	20	550	18,13
	2000	P	70	25	700	67,53
TL3	820	C	100	20	550	37,01
	2000	P	100	25	700	137,81
TL4	820	C	100	20	550	37,01
	8000	S	80	15	1250	132,32
TL5	820	C	100	20	550	37,01
	36000	V	80	15	1850	595,44
TL6	820	C	100	20	550	37,01
	36000	T	80	15	2050	595,44

Fuente: Propia del grupo de Investigación, basados en la información de la norma NCHRP Report 350.

#### NOTAS:

Tipo de vehículos:

C: Auto

P: Pick-up

S: Camión tipo van

T: Semi -tráiler tipo tanque

R: Semi -tráiler tipo van

Esta equivalencia entre los niveles, únicamente considera la energía cinética transversal máxima que la barrera de seguridad es capaz de absorber durante el impacto. Los sistemas que se consideran equivalentes no se comportan exactamente de la misma manera y en cada caso se deben analizar otros factores como ancho de trabajo, deformación dinámica y nivel de severidad para seleccionar el sistema más adecuado según las condiciones del sitio.

#### Deformación de la barrera de protección:

La absorción de energía se realiza en gran parte por la deformación del conjunto de elementos que componen la barrera de seguridad y el vehículo, estas deben ser limitadas y compatibles con el lugar y el entorno en el que serán instaladas.

Las deformaciones de las barreras de seguridad durante la prueba de impacto vienen caracterizadas por la deflexión dinámica y el ancho de trabajo.

- El ancho de trabajo (W) es la distancia entre la cara más próxima a la corriente de tráfico antes del impacto, y la posición lateral más alejada que durante el impacto alcanza cualquier parte esencial del sistema de contención o vehículo.
- La deflexión dinámica (D) es el máximo desplazamiento dinámico lateral de la cara del sistema más próxima al tráfico.

La deflexión dinámica y el ancho de trabajo permiten fijar las condiciones de instalación para cada barrera de seguridad, y también ayuda a definir las distancias a establecer delante de obstáculos para permitir que la barrera se deforme satisfactoriamente.

Los valores de deflexión dinámica y el ancho de trabajo están registrados en el informe de la prueba de impacto de la barrera de seguridad certificada, estos valores dependen de la estructura del sistema, así como de las características de la prueba.

### **Índice de severidad del choque:**

El nivel de severidad del impacto es una manera de medir el daño que sufrirán los ocupantes del vehículo al impactar en una barrera de seguridad, para ello se ha desarrollado a nivel mundial los siguientes parámetros:

- ASI - Índice de severidad de la aceleración.
- THIV - Velocidad teórica de choque de la cabeza.
- OIV - Velocidad de choque del ocupante.
- ORA - Deceleración del ocupante.
- PHD - Deceleración de la cabeza tras el choque.
- VCDI - Índice de la deformación de la cabina del vehículo.

Todos estos parámetros tienen por finalidad contar con indicadores que aseguren que la barrera de seguridad no se convierta en un obstáculo que cause daños equivalentes o mayores de los que se desea proteger a los ocupantes del vehículo.

El ASI y PHD corresponde a las deceleraciones que se producen al interior del vehículo, si son excesivas estas producen daños y desprendimiento de órganos internos que pueden causar la muerte de los ocupantes del vehículo, por lo que sus valores deben ser limitados. Los valores del OIV y ORA se realizan para el vehículo ligero.

El propósito del VCDI según EN 1317 o OCDI según NCHRP-350, es dar una descripción estándar de la deformación del interior del vehículo para una mejor comprensión de la severidad del impacto.

A continuación, se realiza el cruce de la matriz DOFA para identificar las situaciones que son objeto de intervención en cuanto a la normalización.

Tabla 7 Matriz DOFA

MATRIZ DOFA	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cumple con la norma requerida para Colombia</li> <li>• Se cuenta con presupuesto para construcción de carreteras de última generación.</li> <li>• Variedades de barreras de protección de acuerdo a las características o circunstancia de las carreteras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se planifica desde el diseño del proyecto, por este motivo no se especifican las barreras necesarias para la vía.</li> <li>• Se considera la instalación de los sistemas de contención al final del proyecto y depende del presupuesto que sobre.</li> <li>• La norma actual no menciona ni especifica niveles de contención. Por ello no se realizan pruebas de choque.</li> <li>• Se tiene un solo sistema de barrera vial para cualquier carretera independiente de las características (velocidad, doble calzadas) o circunstancias (estado de la vía, tipo de vehículos que transitan) del tipo de carreteras.</li> <li>• La norma no cuida la seguridad de los usuarios de las carreteras, se limita a cumplir con especificaciones descriptivas.</li> </ul>
OPORTUNIDADES	Estrategias FO	Estrategias DO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las empresas Colombianas pueden salir a competir al mercado internacional con sistemas certificados.</li> <li>• Interés en mejorar el nivel de severidad de los accidentes, si los usuarios cumplen con las especificaciones de la vía</li> <li>• Luego de la depresión económica de 2020, se quiere generar nuevos empleos con el fin de reactivar la economía nacional después de la situación generada por la pandemia</li> <li>• Colombia sería atractivo para que empresas extranjeras pueden invertir en pequeñas empresas colombianas para generar alianzas comerciales de estos sistemas certificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se generaría una nueva empresa que ofrecería servicios de asesorías técnicas y laboratorio o pista de certificación de sistemas de seguridad vial.</li> <li>• Se están construyendo nuevas vías con innovaciones respecto a la metodología de construcción, por lo que se podría innovar en el tema de seguridad vial.</li> <li>• Al tener el diseño las constructoras pueden mejorar el tema de seguridad vial y optimizar el presupuesto, se solicitará el dinero necesario desde el diseño de la vía y no incurrir en solicitar adiciones de presupuestos o limitarse al dinero que sobre del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al implementar sistemas certificados, INVIAS traslada la responsabilidad al constructor sobre el diseño y mejoramiento del sistema seguridad vial y de esa manera optimizar el recurso.</li> <li>• Mejoramiento de la planificación acorde a las normas internacionales de sistemas de contención vial</li> </ul>
AMENAZAS	Estrategias FA	Estrategias DA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al no tener un ensayo la barrera de contención vial se vuelve peligrosa en la vía</li> <li>• Se desconoce si la barrera de contención va a redireccionar el vehículo a la vía en caso de un impacto.</li> <li>• No se sabe cual es la severidad que se causa en las personas en caso de un impacto.</li> <li>• El Estado, directamente la ANI se puede ver afectada por demandas en caso de un accidente mortal.</li> <li>• Falta de cumplimiento de las normas viales por parte de los usuarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe actualizar la norma a estándares internacionales certificados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdidas de recursos para el Estado al tener que hacer pagos por accidentes a causa de la falta de sistemas de contención adecuados.</li> <li>• Se tienen normas guía, pero no existe obligatoriedad en el cumplimiento de las mismas.</li> </ul>

Fuente: Propia del grupo de Investigación

Por otro lado, para identificar el precio se solicitó las cotizaciones en diferentes empresas que suministran e instalan los sistemas de contención colombianos e internacionales. Se tabula la información en un Excel para hacer las comparaciones e identificar los precios y diferencias porcentuales de los sistemas.

Figura 7 Precios de Fabricantes

Fabricante 1	NIVEL CONTENCIÓN	Unidad Medida Efectiva	ML	Precio de Un ML Antes de IVA	Sub total	IVA 19%	Total	PRECIO CON IVA X ML
Norma Colombiana INVIAS ART 730	N/A	3,81	1000	\$ 143.012,53	\$ 143.012.534,17	\$ 27.172.381,49	\$ 170.184.915,66	\$ 170.184,92
Norma Americana NCHRP-350	TL4 Contiene Max 8 Ton	3,81	1000	\$ 159.575,88	\$ 159.575.880,92	\$ 30.319.417,37	\$ 189.895.298,29	\$ 189.895,30
Norma Europea UNE EN1317	H1 Contiene Max 10 Ton	4,00	1000	\$ 137.662,29	\$ 137.662.286,58	\$ 26.155.834,45	\$ 163.818.121,03	\$ 163.818,12
Fabricante 2	NIVEL CONTENCIÓN	Unidad Medida Efectiva	ML	Precio de Un ML Antes de IVA	Sub total	IVA 19%	Total	PRECIO CON IVA X ML
Norma Colombiana INVIAS ART 730	N/A	3,81	950	\$ 134.979,62	\$ 128.230.640,00	\$ 24.363.821,60	\$ 152.594.461,60	\$ 160.625,75
Norma Americana NCHRP-350	TL4 Contiene Max 8 Ton	3,81	950	\$ 142.732,44	\$ 135.595.817,08	\$ 25.763.205,24	\$ 161.359.022,32	\$ 169.851,60
Norma Europea UNE EN1317	H1 Contiene Max 10 Ton	4,00	950	\$ 135.466,34	\$ 128.693.022,64	\$ 24.451.674,30	\$ 153.144.696,94	\$ 161.204,94

Fuente: Propia del grupo de Investigación

Figura 8 Precios de Distribuidores

Distribuidor 1	NIVEL CONTENCIÓN	Unidad Medida Efectiva	ML	Precio de Un ML Antes de IVA	Sub total	IVA 19%	Total	PRECIO CON IVA X ML
Norma Colombiana INVIAS ART 730	N/A	3,81	18	\$ 195.778,00	\$ 3.524.004,00	\$ 669.560,76	\$ 4.193.564,76	\$ 232.975,82
Norma Americana NCHRP-350	TL4 Contiene Max 8 Ton	3,81	18	\$ 200.223,53	\$ 3.604.023,47	\$ 684.764,46	\$ 4.288.787,93	\$ 238.266,00
Norma Europea UNE EN1317	H1 Contiene Max 10 Ton	4,00	18	\$ 174.325,64	\$ 3.137.861,56	\$ 596.193,70	\$ 3.734.055,25	\$ 207.447,51
Distribuidor 2	NIVEL CONTENCIÓN	Unidad Medida Efectiva	ML	Precio de Un ML Antes de IVA	Sub total	IVA 19%	Total	PRECIO CON IVA X ML
Norma Colombiana INVIAS ART 730	N/A	3,81	54	\$ 190.000,00	\$ 10.260.000,00	\$ 1.949.400,00	\$ 12.209.400,00	\$ 226.100,00
Norma Americana NCHRP-350	TL4 Contiene Max 8 Ton	3,81	54	\$ 192.108,46	\$ 10.373.856,72	\$ 1.971.032,78	\$ 12.344.889,50	\$ 228.609,06
Norma Europea UNE EN1317	H1 Contiene Max 10 Ton	4,00	54	\$ 167.336,57	\$ 9.036.174,70	\$ 1.716.873,19	\$ 10.753.047,90	\$ 199.130,52

Fuente: Propia del grupo de Investigación

Se presentan los precios de los fabricantes y distribuidores donde se nombran como fabricante 1-2, distribuidor 1-2, por solicitud de ellos se mantendrá en anonimato el nombre para cuidar los precios en el mercado en los anexos 1-2-3 se ilustraran las cotizaciones recibidas.

En concordancia con los hallazgos previos se genera la matriz de priorización para descartar y tener el criterio al elegir un sistema como propuesta para migrar en Colombia.



Tabla 8 Matriz de priorización

<b>Matriz de Priorización</b>			
<b>Criterio</b>	<b>INVIAS ART 730</b>	<b>NCHRP-350</b>	<b>EN-1317</b>
	<b>Tipo de beneficio</b>		
Resistencia de los materiales	Bajo (1pts)	Alto (10pts)	Alto (10pts)
Garantía de Seguridad	Bajo (1pts)	Alto (10pts)	Alto (10pts)
Precio por metro lineal	Alto (10pts)	Bajo (1pts)	Medio (5pts)
Soporte y Mantenimiento	Medio (5pts)	Alto (10pts)	Alto (10pts)
Tiempo de Fabricación, entrega e instalación	Sin Beneficio (0pts)	Sin Beneficio (0pts)	Sin Beneficio (0pts)
<b>Total</b>	<b>17pts</b>	<b>31pts</b>	<b>35pts</b>

Fuente: Propia del grupo de Investigación

- De acuerdo con la información técnica aportada para cada uno de los tres sistemas se puede inferir que los sistemas NCHRP-350 y EN-1317 ofrecen las mejores características en términos de Resistencia de Materiales y Garantía de Seguridad, por esta razón se puede establecer que el beneficio que ofrecen estos dos sistemas es el más óptimo existente; caso contrario ocurre con el sistema INVIAS ART 730, el cual ha mostrado características deficientes en cuanto a los dos criterios mencionados anteriormente.
- El sistema más costoso es el NCHRP-350 razón por la cual se le atribuye la menor puntuación de beneficio ofrecido. La mayor puntuación del criterio de precio por metro lineal se le otorga a el sistema INVIAS ART 730 por tratarse del sistema más barato. El sistema EN-1317 se encuentra en un punto medio entre los dos sistemas anteriormente mencionados al tener un precio por metro lineal entre los otros dos sistemas.
- Es posible establecer que el mantenimiento que se puede ofrecer de los sistemas NCHRP-350 y EN-1317 es el más óptimo por tener las mejores características técnicas, sin embargo, el mantenimiento que se puede ofrecer del sistema INVIAS ART 730 no es el más adecuado por tratarse de un sistema con algunas deficiencias en sus características técnicas.
- Con respecto a los tiempos de fabricación, entrega e instalación se puede establecer que este no es un factor determinante al momento de realizar una priorización de un sistema con respecto al toda vez que dichos tiempos son relativamente similares.

De acuerdo con la puntuación aportada para cada uno de los criterios en los 3 sistemas analizados, se observa que el sistema EN-1317 ofrece las mejores características técnicas en términos de fabricación, funcionamiento, calidad, soporte, seguridad ofrecida y precios.

Dado que se tiene el precio en metros lineales de los sistemas de contención vial que se vienen estudiando en el presente trabajo, se hará dos análisis uno de costo beneficio y el otro financiero, para justificar al Estado (ANI) el por qué se debería migrar a los sistemas de contención certificado.

Se pretende demostrar el por qué se debería migrar a los sistemas de contención certificado desde un análisis financiero.

Se toma como referencia El Proyecto de las Autopistas para la Prosperidad tiene como objetivo principal generar una interconexión vial entre la Ciudad de Medellín con las principales concesiones viales del país, y que a su vez la conecten con los principales centros de intercambio comercial como la Costa Caribe, la Costa Pacífica, así como con el río Magdalena. Las vías objeto de la concesión “Vías del Nus -VINUS-”, tienen una longitud total estimada origen destino de 157,4 kilómetros y su recorrido discurre íntegramente en el Departamento de Antioquia. (VINUS, 2016).

Para este proyecto se estima un suministro e instalación de defensas de 5000ml, este proyecto será ejecutado por uno de los distribuidores mencionados en la Tabla 1.

Para hacer el análisis financiero se toma como referencia los precios por ML ofertados por el Fabricante 1 (Inversión) Se toma como normativa el sistema colombiano actual INVIAS ART 730 y el sistema europeo UNE EN1317 por ser el de mejor puntuación en la matriz de priorización como propuesta de migración.

Los egresos se generan a partir del pago de Peajes de un promedio de los vehículos que transitan la vía en un año (Como muestra para este ejercicio se eligió Categoría I y II) según (Peajes, 2020).

- Categoría I: Automóviles, camperos, camionetas, microbuses con ejes de llanta sencilla.
- Categoría II: Buses, busetas, microbuses con eje trasero de doble llanta

<b>PROYECTO "Vías del Nus" -VINUS</b>			
<b>Norma INVIAS</b>	<b>ML de Vía</b>	<b>Precio MI (COP)</b>	<b>Total ML (COP)</b>
<b>INVIAS ART 730</b>	5000	\$ <b>170.184,91</b>	\$ <b>850.924.550,00</b>
<b>UNE EN1317</b>	5000	\$ <b>163.818,11</b>	\$ <b>819.090.550,00</b>

<b>INGRESOS</b>				
<b>Vehiculos</b>	<b>Precios de Peajes</b>		<b>Prom Vehiculo transitan en la vía x año</b>	<b>Valor total anual</b>
<b>Categoría I</b>	<b>Trapiche</b>	\$ 8.300,00	<b>21000</b>	\$ <b>367.500.000</b>
	<b>Cisnero</b>	\$ 9.200,00		
<b>Categoría II</b>	<b>Trapiche</b>	\$ 8.900,00	<b>50400</b>	\$ <b>962.640.000</b>
	<b>Cisnero</b>	\$ 10.200,00		
<b>EGRESOS</b>				
<b>Inversión Sistema contención actual</b>			5000 metros lineales de Vía	\$ 850.924.550
<b>Inversión Sistema certificado en cinco años</b>				\$ 819.090.550
<b>Mantenimiento</b>				\$ 150.000.000
<b>Mano Obra</b>				\$ 720.000.000
<b>Impuestos</b>				\$ 133.014.000

### Inversión sistema contención actual según normativa Colombia.

En caso de iniciar la instalación del sistema de contención bajo la Normativa INVIAS 730 el precio del suministro e instalación es de \$ 850.924.550 IVA(19%) incluido, al cabo de un tiempo la misma infraestructura vial que se está construyendo, que ha tomado mucha fuerza y está moviendo el país, traerá consigo innovaciones y desde ese punto todo lo que hace parte a ello tendrá que ser mejorado, cabe mencionar que será necesario migrar a los sistemas certificados, lo que generara una nueva inversión para el cambio, como referencia se toma el sistema certificado bajo la normativa Europea UNE EN1317 con un precio de \$819.090.550 IVA (19%) incluido, siendo optimista que se mantendrá este precio vigente puede incrementar como también podrá bajar de acuerdo a la demanda en el país y la fluctuación de los precios, se augura que en cinco años la inversión total sería por un valor de \$1'670.015.100 IVA (19%) incluido.

En el siguiente análisis se evaluará si es rentable para el gobierno esta inversión como se plantea en el enunciado previo.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>INGRESOS</b>						
Pago Peajes	\$ -	\$ 1.330.140.000	\$ 1.463.154.000	\$ 1.609.469.400	\$ 1.770.416.340	\$ 1.947.457.974
<i>Total de Ingreso</i>	\$ -	\$ 1.330.140.000	\$ 1.463.154.000	\$ 1.609.469.400	\$ 1.770.416.340	\$ 1.947.457.974
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>EGRESOS</b>						
Inversión Sistema contención actual	-\$ 850.924.550					
Mantenimiento		-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000
Mano Obra		-\$ 720.000.000	-\$ 720.000.000	-\$ 720.000.000	-\$ 720.000.000	-\$ 1.200.000.000
Impuestos		-\$ 133.014.000	-\$ 210.605.500	-\$ 210.605.500	-\$ 210.605.500	-\$ 210.605.500
Inversión Sistema Certificado en cinco años	-\$ 819.090.550					\$ -
<i>Total de Egresos</i>	-\$ 1.670.015.100	-\$ 1.003.014.000	-\$ 1.080.605.500	-\$ 1.080.605.500	-\$ 1.080.605.500	-\$ 1.560.605.500
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-\$ 1.670.015.100	\$ 327.126.000	\$ 382.548.500	\$ 528.863.900	\$ 689.810.840	\$ 386.852.474
Evaluar Rentabilidad con una tasa de descuento 15%						
VA =	\$	1.315.857.203				
Inversión =	-\$	1.670.015.100				
<b>VAN =</b>	-\$	354.157.897		>0	<b>No es rentable por que es menor a cero</b>	
<b>TIR =</b>		11%		>15%	<b>No es rentable por que es menor al 15%</b>	
Beneficio/Costo =	\$	1.315.857.203				
	\$	1.670.015.100				
<b>B/C =</b>	\$	0,79		>1%	<b>No es rentable porque es menor al 1%</b>	

En el caso de migrar en el 2020 a los sistemas de contención bajo de la normativa europea UNE EN1317 la inversión será por el valor de \$819.090.550 IVA (19%) incluidos, en el transcurso de los cinco años se deberá invertir en el mantenimiento de estos sistemas o cualquiera que se instale, se deberá remplazar en caso de un choque o deterioro por el medio ambiente en condiciones normales.

En el siguiente análisis se evaluará si es rentable para el gobierno esta inversión, tal como se plantea en el enunciado previo.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>INGRESOS</b>						
<b>Pago Peajes</b>	\$ -	\$ 1.330.140.000	\$ 1.463.154.000	\$ 1.609.469.400	\$ 1.770.416.340	\$ 1.947.457.974
<i>Total de Ingreso</i>	\$ -	\$ 1.330.140.000	\$ 1.463.154.000	\$ 1.609.469.400	\$ 1.770.416.340	\$ 1.947.457.974
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>EGRESOS</b>						
Inversión Sistema contención actual	-\$ 850.924.550					
Mantenimiento		-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000	-\$ 150.000.000
Mano Obra		-\$ 720.000.000	-\$ 720.000.000	-\$ 720.000.000	-\$ 720.000.000	-\$ 1.200.000.000
Impuestos		-\$ 133.014.000	-\$ 210.605.500	-\$ 210.605.500	-\$ 210.605.500	-\$ 210.605.500
<i>Total de Egresos</i>	-\$ 850.924.550	-\$ 1.003.014.000	-\$ 1.080.605.500	-\$ 1.080.605.500	-\$ 1.080.605.500	-\$ 1.560.605.500
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-\$ 850.924.550	\$ 327.126.000	\$ 382.548.500	\$ 528.863.900	\$ 689.810.840	\$ 386.852.474
Evaluar Rentabilidad con una tasa de descuento 15%						
VA =	\$	1.315.857.203				
Inversión =	-\$	850.924.550				
<b>VAN =</b>	<b>\$</b>	<b>464.932.653</b>		<b>&gt;0</b>	<b>Es rentable porque es mayor a cero</b>	
<b>TIR =</b>		<b>41%</b>		<b>&gt;15%</b>	<b>Es rentable por que es mayor al 15%</b>	
Beneficio/Costo =	\$	1.315.857.203				
	\$	850.924.550				
<b>B/C =</b>	<b>\$</b>	<b>1,55</b>		<b>&gt;1%</b>	<b>Es rentable por que es mayor al 1%</b>	

El costo beneficio se tiene en cuenta desde el análisis de accidentalidad en Colombia en las Vías, a causa de los accidentes automovilísticos y de motociclistas, donde se implican los sistemas de contención por la instalación de aquellos que no son adecuados, cabe siempre resaltar que un sistema de contención no evita el accidente, evita la severidad del accidente, la mejora se verá reflejada en que no se tendrán accidentes mortales, sino lesiones mínimas o cero lecciones es importante mencionar que también depende de la sensibilización de los conductores estos deben cumplir con la reglamentación que haya lugar en las vías para que el sistema cumpla con el comportamiento para el que fue diseñado.

Según (Seguridad, 2011, pág. 34) “puede afirmarse que la mayor incidencia de muertes en accidente en la condición de motociclista se presenta en choques con otro vehículo, en un 56,22% de los casos. En un 18,17% de los casos se da por choque con objeto fijo (sardineles, postes, otros vehículos estacionados, etc.) y en un 11,52% por volcamiento. Lo anterior, llama la atención sobre la necesidad de inspeccionar las condiciones de la infraestructura por la cual se moviliza este usuario, dado que las condiciones de baja luminosidad, estado inadecuado del pavimento, entre otros aspectos, pueden ser causantes de los accidentes. Haciéndose necesario, además, revisar los requisitos exigidos a los conductores de motocicletas para certificar su pericia en este tipo de vehículos, caracterizados porque su estabilidad depende de la habilidad del conductor”

## Capítulo 5

### Conclusiones

- Se pudo evidenciar que, el proceso de selección de una barrera de contención vehicular es complejo debido a las múltiples variables con las que se cuenta al realizar la selección, por ello, es de vital importancia proporcionar un nivel de protección que garantice los menores impactos en términos de costos y afectaciones físicas a las personas que utilizan las carreteras, aclarando que estos últimos también tienen una responsabilidad a la hora de utilizar las vías.
- La instalación de un sistema de contención es el último recurso a tomar como medida para mitigar algún peligro detectado ya que, al no ser evaluado correctamente, el elemento colocado puede convertirse en un obstáculo adicional al margen de la vía, aumentando en gran medida en nivel de gravedad ante un posible accidente.
- Mediante la investigación realizada surge una oportunidad de negocio al considerar que el sistema de contención aprobado en Colombia no garantiza la eficiencia definida por los límites de aceptación, ni cuenta con características técnicas óptimas, esto visto desde el nivel de contención, severidad del impacto, deformación del sistema de contención y capacidad de redireccionamiento o trayectoria del vehículo después de impactar el sistema.
- Se pudo observar que el costo requerido para migrar del sistema colombiano a los sistemas estadounidense y europeo es relativamente mínimo con respecto al beneficio que se puede obtener en términos de los daños materiales, físicos y/o morales que se pueden generar por un accidente vehicular.
- El análisis de la Matriz DOFA permitió evidenciar que, si se realiza la migración del sistema de contención aprobado en Colombia al aprobado en Europa, es posible evitar pérdidas económicas del estado al no asumir los gastos de accidentes a causa de la falta de sistemas de contención vial adecuados.
- Durante los últimos 10 años, El país ha generado una inversión considerable en el mejoramiento de las vías, apostándole al tema de innovación, ello ha considerado que las vías 4G son las más avanzadas en el país, en ese sentido, la migración a los sistemas de contención significaría una garantía en el cuidado de las vidas en las vías.
- La optimización de los recursos no debe ser vista desde las inversiones netamente financieras, es fundamental pensar en la vida humana y el costo que la misma tiene para la sociedad, bien sea desde la productividad que genera al país, como los gastos por consecuencia de un accidente en la vía.
- El cuidado del medio ambiente y con ello de la vida en todas las dimensiones, son un factor fundamental a la hora de definir la utilización de una u otra barrera de contención, al elegir la que se considera adecuada en este documento, se estaría invirtiendo en el mejoramiento de las condiciones de vida de toda una comunidad y con ello en el desarrollo del país.

### **Recomendaciones**

Se recomienda actualizar la norma INVIAS ART 730 adaptando sus criterios a los establecidos en los estándares internacionales NCHRP-350 y EN-1317, con el fin de garantizar mejores condiciones de seguridad para los usuarios de las vías y evitar pérdidas económicas tanto para el estado como para las demás partes involucradas en los accidentes de tránsito.

Todo ello enmarcado en el concepto de innovación declarado en el plan de desarrollo nacional, de esa manera se estaría dando coherencia y articulación al asunto relacionado con la competitividad, el mejoramiento de la eficiencia del transporte carretero y la reducción de costos y tiempos. De tal manera que se puede brindar una movilidad urbano-regional segura y acorde con las necesidades de los territorios, con ello la posibilidad de salvar vidas en siniestros viales y concluir o rehabilitar las carreteras de concesiones que a la fecha no han superado la etapa de construcción que son alrededor de 75% de las vías del país (Red Vial Nacional, 2016)

## Referencias

- (8 de Febrero de 2016). Obtenido de Red Vial Nacional:  
<https://www.invias.gov.co/index.php/red-vial-nacional>  
 accidente via las palmas. (21 de 02 de 2020). Obtenido de  
<https://www.youtube.com/watch?v=fnF-waB6FXE>
- AENOR. (febrero de 2011). *Asociación Española de Normalización*. Obtenido de  
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046790>
- Alberto, G. L., Augusto, S. U., & Arango Serna, M. (06 de 2016). *Modelode evaluación dinámica de la calidad en la infraestructura vial de corredoreslogísticos en Colombia*. Obtenido de  
<http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.uniminuto.edu/ehost/detail/detail?vid=2&sid=8abdcad8-7f0e-4973-9744-91e8c5908d38%40pdc-v-sessmgr04&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=120342123&db=a9h>
- Álvarez, R. (03 de 2019). *Crean señalética ante inseguridad vial*. Obtenido de  
<https://search.proquest.com/docview/2200132137?accountid=48797>
- ANI. (2012). *Agencia Nacional de Infraestructura*. Obtenido de  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNTI3ZDkyNzMtNTgwMy00MGQxLTg1OWUtYTU4OWM1MGI2NWVmIiwidCI6IjcwZGM1N2VILWZINDYtNDI4Ni1iNjViLTlhZTllMTI2YzAzZSIsImMiOjR9>
- ANI. (2012). *Contrato de concesión de cuarta generación (4G), parte general*. Obtenido de  
<https://www.ani.gov.co/contratacion/contratos-4g>
- BERGSNEIDER, M. P. (21 de 02 de 2020). *El Colombiano* . Obtenido de  
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/accidentes-de-transito-en-el-tunel-de-orientelaspalmas-y-medellin-tras-aguacero-LO12498993>
- Carretera, A. A. (2 de 8 de 2016). <https://www.obrasurbanas.es/defectos-barreras-seguridad-carreteras/>. Obtenido de <https://www.obrasurbanas.es/defectos-barreras-seguridad-carreteras/>
- Centro de Estudios Económicos, A. (2017). *resultados del informe de competitividad Global 2016-2017*. Bogotá.
- Colombia, M. d. (08 de 05 de 2011). *Ministerio de Transporte Colombia*. Obtenido de  
<https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/40/historia/>
- CORREA, J. A. (2006). *EL MÉTODO DOFA*. Obtenido de  
[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46792218/MetodoDOFA.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEL\\_METODO\\_DOFA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAK2VK7AG6%2F20200420%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_reques](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46792218/MetodoDOFA.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEL_METODO_DOFA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAK2VK7AG6%2F20200420%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_reques)
- Deloitte. (2018-2019). *Deloitte*. Obtenido de Reporte Global de Competitividad:  
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cr/Documents/finance/docs/181017-cr-fas-Reporte-Global-de-Competitividad-WEF.pdf>
- Digital, G. 3. (s.f.). *INVISEÑALES SAS*. Obtenido de <https://invisenales.com/>
- Duarte, G. (marzo de 2010). *Definición de ABC*. Obtenido de  
<https://www.definicionabc.com/general/accidentes.php>
- EL SISTEMA DE INVESTIGACIONES CTI&S*. (2012). BOGOTA.

- Espinosa, D. (Abril de 2010). *Sistemas de Contención de vehículos*. Obtenido de [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R44\\_A12.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R44_A12.pdf)
- FOMENTO, M. D. (2014). *ORDEN CIRCULAR 35/2014*. Obtenido de [https://www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/oc352014.pdf](https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/oc352014.pdf)
- García, J. I. (01 de 11 de 2017). *Inversión en infraestructura es clave para la competitividad*.
- García, J. I. (1 de noviembre de 2017). Inversión en infraestructura es clave para la competitividad. *LA REPUBLICA*, <https://www.larepublica.co/infraestructura/colombia-camino-al-crecimiento-2565259>. Recuperado el 05 de Septiembre de 2019, de <https://www.larepublica.co/infraestructura/colombia-camino-al-crecimiento-2565259>
- Geeks, C. (s.f.). *Civilgeeks.com*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2015/07/06/que-es-demarcacion-vial/>
- GRUPO TDM. (2016). Obtenido de <http://www.tdm.com.pe/about.php>
- H. E. ROSS, J. D. (1993). Obtenido de National Cooperative Highway Research Program Report 350: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp\\_rpt\\_350-a.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_350-a.pdf)
- H. E. ROSS, J. D. (1993). *National Cooperative Highway Research Program Report 350*. Obtenido de [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp\\_rpt\\_350-a.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_350-a.pdf)
- INTEGRAL, P. (13 de diciembre de 2016). <https://www.upc.edu/es/sala-de-prensa/noticias/una-barrera-protectora-para-carreteras-reduce-el-impacto-de-los-accidentes-y-el-coste-de-mantenimiento>. Obtenido de <https://www.upc.edu/es/sala-de-prensa/noticias/una-barrera-protectora-para-carreteras-reduce-el-impacto-de-los-accidentes-y-el-coste-de-mantenimiento>
- Integrales, G. T. (2018). *Presentacion\_Corporativa\_Soluciones\_28.1.19.pdf*. Obtenido de <http://www.tdm.com.pe/casos-historicos.php>
- INVÍAS. (10 de JULIO de 2019). *Instituto Nacional de Vías - INVÍAS*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/mision-y-vision>
- INVIAS, I. N. (2010). *DEFENSAS METÁLICAS ARTÍCULO 730 - 07*. Obtenido de [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Especificaciones/Articulo730-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Especificaciones/Articulo730-07.pdf)
- ISAAC, M. G. (JULIO de 2004). *Vías Romanas: Ingeniería y técnica constructiva*. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=sLQlejiBTZUC&oi=fnd&pg=PA1&q=historia+de+las+v%C3%ADas&ots=NiiEdbMAv8&sig=6uEfzMbdZOQ--24XNLT\\_Yy3dsPM&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=sLQlejiBTZUC&oi=fnd&pg=PA1&q=historia+de+las+v%C3%ADas&ots=NiiEdbMAv8&sig=6uEfzMbdZOQ--24XNLT_Yy3dsPM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- López1, A. E., Arana2, G. C., & Osorio, N. V. (29 de 06 de 2015). *Epidemiología de incidentes viales en Medellín Colombia 2010-2015*. Obtenido de <https://search-proquest-com.ezproxy.uniminuto.edu/docview/1866013997/AE6BB88705B54703PQ/3?accountid=48797>
- María, S. (2016). *Evolución normativa e institucional de las concesiones de infraestructura vial*. Obtenido de <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.uniminuto.edu/ehost/detail/detail?vid=28&sid=8be77df8-8e75-4c49-a197-552ed90ef57f%40pdc-v-sessmgr06&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=116096109&db=a9h>
- masqueingenieria. (2020). *masqueingenieria*. Obtenido de <https://masqueingenieria.com/blog/dispositivos-de-contencion-de-vehiculos/>



- nacional, M. d. (2010). *Mejores prácticas de seguridad vial – Manual de medidas a escala nacional*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects\\_sources/supreme-c\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/supreme-c_es.pdf)
- Obeso, P. (29 de Enero de 2020). *El blog Marketing de Contenidos*. Obtenido de <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-benchmarking/>
- Officials, A. A. (2009). *Manual for Assessing Safety hardware*. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=LV0mSYE9-S0C&printsec=frontcover&dq=Manual+for+Assessing+Safety+hardware&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj0lcmI\\_sTkAhVDWqwKHdMTAb0Q6AEIKzAA#v=onepage&q=Manual%20for%20Assessing%20Safety%20hardware&f=false](https://books.google.com.co/books?id=LV0mSYE9-S0C&printsec=frontcover&dq=Manual+for+Assessing+Safety+hardware&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj0lcmI_sTkAhVDWqwKHdMTAb0Q6AEIKzAA#v=onepage&q=Manual%20for%20Assessing%20Safety%20hardware&f=false)
- Peajes, C. (2020). *peajesencolombia.com*. Obtenido de <https://www.peajesencolombia.com/peajes/peajes-en-Antioquia/>
- PLAN DESARROLLO 2018-2022. (s.f.). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>.
- Raffino, M. E. (06 de Diciembre de 2019). *Concepto de NORMA*. Obtenido de <https://concepto.de/que-es-norma/>
- Restrepo, J. (2020). *Compara*. Obtenido de <https://www.comparaonline.com.co/blog/autos/seguro-todo-riesgo/senalizacion-vial-para-que-sirven-las-senales-de-transito/>
- Rosario, R. A.-R. (2017). *Obras que son motor de crecimiento y desarrollo de Colombia*. Obtenido de Ministerio de Transporte de Colombia: <https://mintransporte.gov.co/micrositios/cci/obras-que-son-motor-de-crecimiento-y-desarrollo-de-colombia.html>
- Seguridad, V. (2011). *Plan nacional de Seguridad Vial Colombia 2011 - 2021*. Obtenido de <https://ansv.gov.co/public/documentos/PLAN%20NACIONAL%20DE%20SEGURIDAD%20VIAL.compressed.pdf>
- SIGLO, E. N. (27 de 01 de 2020). *Enero negro en las vías colombianas*. Obtenido de Enero negro en las vías colombianas : <https://www.elnuevosiglo.com.co/index.php/articulos/01-2020-enero-negro-en-las-vias-colombianas>
- TIEMPO, E. (27 de 01 de 2020). *EL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/cuatro-muertos-y-15-heridos-tras-accidente-en-salamina-caldas-455534>
- Uriarte, J. M. (13 de Diciembre de 2019). *Caracteristicas.co*. Obtenido de Analisis FODA: <https://www.caracteristicas.co/analisis-foda/>
- Villanueva Arteaga, F. S. (2018). *SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y SU RELACIÓN CON LOS RIESGOS POTENCIALES ASOCIADO A LOS ACCIDENTES POR SALIDA DE VÍA EN EL CIRCUITO DE PLAYAS DE LA COSTA VERDE, TRAMO: SAN MIGUEL - MAGDALENA*. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2807/VILLANUEVA%20ARTEAGA%20FIORELLA%20SASKIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- VINUS. (2016). *CONSECIÓN VIAS DEL NUES*. Obtenido de <http://joomla.vinus.com.co/index.php/la-concesion/quienes-somos>

## Anexos

### Anexo 1: Precios



SV-for-09  
Versión 1  
Oct/2017

Oferta -207-20

Abril 28 de 2020


Señor(es):



Atn.



Respetados Señores:

Atendiendo su amable solicitud, para  es muy grato presentarle nuestra propuesta técnica y económica para el suministro de defensas metálicas.

#### 1. CONDICIONES COMERCIALES:

1.1. Oferta suministro e instalación de 1000 ml de defensa metálica Invias 730:

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
INVIAS 730	ml	1000,00	\$ 143.013	\$ 143.012.534,17
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 143.012.534,17</b>
			<b>IVA (19%)</b>	<b>\$ 27.172.381,49</b>
			<b>TOTAL SUMINISTRO</b>	<b>\$ 170.184.915,66</b>



SV-for-09  
Versión 1  
Oct/2017

Oferta -207-20

1.2. Oferta suministro e instalación de 1000 ml de BARRERA METALICA SIMPLE BMS4PLS-H1 según norma europea UNE EN1317, en 12 tramos. Nivel de contención H1, contiene vehículos hasta 10 Ton, este sistema tiene postes cada 4 metros:

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
BMS4PLS-H1	ml	1000,00	\$ 135.507	\$ 135.507.078,76
Cola de Pez	und	40,00	\$ 53.880	\$ 2.155.207,83
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 137.662.286,58</b>
<b>IVA (19%)</b>				<b>\$ 26.155.834,45</b>
<b>TOTAL SUMINISTRO</b>				<b>\$ 163.818.121,04</b>

1.3. Oferta suministro e instalación de 1000 ml de BARRERA METALICA SIMPLE BMS4-TL4N según norma americana NCHRP REPORT 350, 12 tramos: Nivel de contención TL4, contiene vehículos hasta 8 Ton, este sistema tiene postes cada 4 metros:

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
BMS4-TL4N	ml	1000,00	\$ 157.437	\$ 157.437.123,00
Cola de Pez	und	40,00	\$ 53.469	\$ 2.138.760,60
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 159.575.883,60</b>
<b>IVA (19%)</b>				<b>\$ 30.319.417,88</b>
<b>TOTAL SUMINISTRO</b>				<b>\$ 189.895.301,48</b>

## Anexo 2: Precios

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	TRAMO RECTO DEFENSA VIAL 4,13m GALV	Und	5	\$290.863	\$1.454.315
2	TRAMO FINAL DEFENSA VIAL 0,71m GALV	Und	2	\$55.869	\$111.739
3	POSTE DV C 6,00mm 1,8m GALV	Und	6	\$161.906	\$971.438
4	SEPARADOR DEFENSA VIAL EN C 3/16" 0,36m GALV	Und	6	\$24.708	\$148.250
5	CAPTAFARO PLASTICO BI- DIRECCIONAL	Und	5	\$4.348	\$28.263
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$2.714.004</b>
IVA 19%					<b>\$515.661</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$3.229.665</b>

**Nota:** [REDACTED] transporte del material.

**FORMA DE PAGO**  
La forma de pago propuesta es la siguiente:

Suministro:

- Pago 100% anticipado junto con orden de compra.

**PLAZO DE ENTREGA:**

- El plazo de entrega de materiales galvanizado, es de 5 días hábiles, dependiendo de stock disponible al momento del pedido.

## Anexo 3: Precios

COT 5353B DHB

Medellín, marzo 20 de 2020

SEÑORES:

C [REDACTED]

Atn,

I [REDACTED]

**Asunto:** Propuesta económica suministro de defensas metálicas.

De acuerdo a su solicitud presentamos nuestra propuesta económica para el proyecto del asunto.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	VALOR PARCIAL
1	Suministro de tramo recto galvanizado para defensa metálica doble onda de 4,13 m de largo (Incluye tornillería)	und	14,0	\$ 216.220	\$ 3.027.080
2	Suministro de poste dvc de 600 mm 1,8 m galvanizado incluye tornillería	und	24,0	\$ 240.714	\$ 5.777.136
3	Suministro de separador plástico	und	24,0	\$ 27.249	\$ 653.976
4	Suministro de seccion final tipo cola de pez de 0,71 m galv para defensa metálica	und	16,0	\$ 83.063	\$ 1.329.008
5	Captafaro metálico bidireccional	und	24,0	\$ 3.700	\$ 88.800
SUBTOTAL					\$ 10.876.000
IVA 19%					\$ 2.066.440
TOTAL					\$ 12.942.440

**Observaciones técnicas y financieras:**

- **Forma de pago:** 100% antes de la entrega de los productos.
- **Sitio de entrega:** Bodegas 3s Ingeniería ubicadas en La Estrella, Antioquía.
- **Tiempo de entrega:** 6 días hábiles contados a partir de la fecha del pago de la orden de compra