



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

HERRAMIENTAS DEL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL, PARA REALIZAR LAS  
INSPECCIONES, EN EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS DEL PERÚ -  
SINAC

**Línea de investigación:**

**Seguridad Vial e Infraestructura de Transporte**

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería de  
Transporte

**Autora**

Príncipe Bayona, Gisselle Isabel

**Asesor**

Chavarry Vallejos, Carlos Magno  
(ORCID: 0000-0003-0512-8954)

**Jurado**

Paredes Paredes, Pervis  
Ramos Flores, Miguel Angel  
Bazán Briceño, José Luis

**Lima - Perú**

**2022**

**Referencia:**

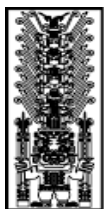
Príncipe, G. (2022). *Herramientas del manual de seguridad vial, para realizar las inspecciones, en el sistema nacional de carreteras del Perú - SINAC [Tesis de maestría en la Universidad Nacional Federico Villarreal]*. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6476>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

**HERRAMIENTAS DEL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL, PARA REALIZAR LAS  
INSPECCIONES, EN EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS DEL PERÚ - SINAC.**

**Línea de investigación:**

**Seguridad Vial e Infraestructura de Transporte**

**Tesis para optar el grado Académico de Maestro en Ingeniería de Transporte**

**Autor:**

**Príncipe Bayona, Gisselle Isabel**

**Asesor:**

**Chavarry Vallejos, Carlos Magno**

**(ORCID: 0000-0003-0512-8954)**

**Jurado:**

**Paredes Paredes, Pervis**

**Ramos Flores, Miguel Angel**

**Bazán Briceño, José Luis**

**Lima-Perú**

**2022**

## **TÍTULO**

HERRAMIENTAS DEL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL, PARA REALIZAR LAS  
INSPECCIONES, EN EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS DEL PERÚ - SINAC.

## **DEDICATORIA**

A las víctimas y familiares de los siniestros viales, a los profesionales comprometidos en la reducción de siniestros viales de nuestro país.

A mi padre Abdías Príncipe Rojas, que está al lado del Dios, por las oportunidades, la confianza y sobre todo por el amor infinito e incondicional.

A mi madre, por los principios, a mi amado esposo e hijo, a mis queridos hermanos (as), sobrinos (as), ahijados (as) y a mi cuñada Judith Silva Campos por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi especial agradecimiento al Dr. Carlos Chavarry Vallejos, por su asesoría, experiencia y compromiso para la consecución de la presente tesis.

Al ingeniero Alfredo Carmona Uchuya, por la oportunidad de participar en la elaboración del Manual de Seguridad Vial, así como por permitirme participar en la ejecución de las Inspecciones de Seguridad Vial en la Red Vial Nacional.

## ÍNDICE

<b>Resumen</b>		x
<b>Abstract</b>		xi
<b>I</b>	<b>Introducción</b>	12
1.1	Planteamiento del problema	17
1.2	Descripción del problema	18
1.3	Formulación del problema	33
	- Problema General	33
	- Problemas Específicos	33
1.4	Antecedentes	34
1.5	Justificación de la investigación	51
1.6	Limitaciones de la investigación	53
1.7	Objetivos de la investigación	55
	- Objetivo general	55
	- Objetivos específicos	55
1.8	Hipótesis	55
<b>II</b>	<b>Marco Teórico</b>	57
2.1	Marco teórico	57
2.2	Marco conceptual	96
<b>III</b>	<b>Método</b>	99
3.1	Tipo de investigación	100
3.2	Población y muestra	102
3.3	Operacionalización de variables	105

3.4	Instrumentos.....	107
3.5	Procedimientos.....	109
3.6	Análisis de datos .....	114
<b>IV</b>	<b>Resultados</b> .....	119
<b>V</b>	<b>Discusión de resultados</b> .....	131
<b>VI</b>	<b>Conclusiones</b> .....	135
<b>VII</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	137
<b>VIII</b>	<b>Referencias</b> .....	138
<b>IX</b>	<b>Anexos</b> .....	145



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Costo por accidentes de tránsito en el Perú 2011-2015.....	31
<b>Tabla 2</b>	Principios de la visión cero de Suecia.....	36
<b>Tabla 3</b>	Cinco pilares de las Naciones Unidas.....	40
<b>Tabla 4</b>	Derecho a la vida y por una movilidad segura.....	41
<b>Tabla 5</b>	Lista de control de los análisis de seguridad vial para los proyectos financiados por los BMD en materia de proyectos de infraestructura vial.....	50
<b>Tabla 6</b>	Umbral para la determinación de la consistencia del diseño.....	70
<b>Tabla 7</b>	Umbral de consistencia para el ICI.....	71
<b>Tabla 8</b>	Lámina reflectiva Tipo XI.....	79
<b>Tabla 9</b>	Coefficiente mínimo de retro reflexión de las láminas Tipo XI.....	81
<b>Tabla 10</b>	Medidas de seguridad vial de bajo costo en España.....	84
<b>Tabla 11</b>	Niveles de contención.....	89
<b>Tabla 12</b>	Fases de la investigación.....	101
<b>Tabla 13</b>	Fases de la investigación.....	106
<b>Tabla 14</b>	Técnicas y/o instrumentos de la investigación.....	108
<b>Tabla 15</b>	Diseño Geométrico DG- 2018 - clasificación por demanda.....	115
<b>Tabla 16</b>	Diseño Geométrico Dg- 2018 - clasificación por orografía.....	116
<b>Tabla 17</b>	Diseño y mejora de las infraestructuras – causas de los accidentes.....	122
<b>Tabla 18</b>	Diseño y mejora de las infraestructuras–estudio y diseño geométrico.....	123
<b>Tabla 19</b>	Diseño y mejora de las infraestructuras – dispositivos de regulación de tránsito....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Población, muertes por accidentes de tránsito y vehículos automotores registrados por categoría de ingresos del país*, 2016.....	20
<b>Figura 2</b>	Número y tasa de muertes por accidentes de tránsito por cada 100,000 habitantes: 2000–2016.....	21
<b>Figura 3</b>	Accidentes de tránsito 2005 – 2018 .....	22
<b>Figura 4</b>	Tasa de accidentes de tránsito por 100 000 habitantes 2005 – 2018 .....	23
<b>Figura 5</b>	Muertos por accidentes de tránsito 2005 – 2018.....	24
<b>Figura 6</b>	Heridos por accidentes de tránsito 2005-2018.....	25
<b>Figura 7</b>	Clases de accidentes de tránsito 2018 de enero a diciembre.....	27
<b>Figura 8</b>	Tipos de vehículos involucrados en accidentes de tránsito 2018 enero – diciembre. 28	28
<b>Figura 9</b>	Estimación del parque automotor 2007 - 2018 .....	28
<b>Figura 10</b>	Parque automotor de mototaxis 2010-2018 .....	29
<b>Figura 11</b>	Cantidad de accidentes de tránsito 2018 según el lugar de ocurrencia de enero a diciembre.....	29
<b>Figura 12</b>	Accidentes de tránsito 2018 según día de semana de enero a diciembre.....	30
<b>Figura 13</b>	Valoración de los costos ocasionados por las muertes por accidentes de tránsito (2011-2016) .....	32
<b>Figura 14</b>	Los Tres Factores que Contribuyen a los Siniestros Viales.....	59
<b>Figura 15</b>	Densidad para las distribuciones de velocidad de operación típicas para recta y curva. .....	64
<b>Figura 16</b>	Relaciones de velocidad consideradas en el proceso de diseño: (a) ideal y (b) típica. .....	66

<b>Figura 17</b>	Velocidades de operación .....	67
<b>Figura 18</b>	Reglas de CONSTRUCCIÓN del perfil I de velocidad de operación.....	69
<b>Figura 19</b>	Restitución según el método de camacho .....	73
<b>Figura 20</b>	Medidas baratas para reducir los siniestros.....	85
<b>Figura 21</b>	Tipos de Sistema de Contención.....	88
<b>Figura 22</b>	Flujograma para inspección de seguridad vial.....	94
<b>Figura 23</b>	Diagrama de variables independiente y dependientes de la investigación .....	106

## RESUMEN

La presente investigación tiene por **Objetivo** aplicar las herramientas del Manual de Seguridad Vial, en la elaboración de Estudios de Inspección de Seguridad Vial, para reducir el número de accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú, **Método:** Es de tipo aplicada por que formula recomendaciones a problemas reales, el tipo del estudio está enmarcado en descriptivo, correlacional y explicativo, de nivel descriptivo, con un diseño no experimental, transversal, prospectivo y el estudio de cohorte (causa-efecto). **Resultado:** Los tramos de estudio tienen un total 202.00 km, donde entre los años 2015 y 2018 se han producido 563 accidentes, resultando 181 personas fallecidas y 1,390 personas heridas. Las causas de estos accidentes se produjeron en un 61 % por choques, 24% despistes y 15% atropellos. Del análisis de la data de accidentes se muestra que en un 93 % interviene el factor humano, en 23 % el factor infraestructura y el 2% el factor vehículo. El IMDA promedio es de 53% vehículos pesados y 48% vehículos ligeros, cuyas velocidades oscilan entre 60 km/h y 90km/h. **Conclusiones:** Entre los principales problemas identificados en relación con la infraestructura se tiene discontinuidad e insuficientes sistemas de contención vehicular, accesos y salidas sin canalización, escasa longitud para cambios de velocidad, curvas con radios escasas, sobreechornos insuficientes, visibilidad deficiente, percepción deficiente de los dispositivos de control de tránsito, etc. Para lo cual el costo de inversión en Tramos Potenciales Peligrosos (TPPs) asciende a S/.15,538,665.45 soles y en Tramos de Concentración de Accidentes (TCAs) asciende a S/. 41, 585,131.42 soles.

**Palabras claves:** seguridad vial, inspección de seguridad vial, tramos de concentración de accidentes y tramos potencialmente peligrosos, elementos susceptibles de mejora.

## ABSTRACT

The objective of this investigation is to apply the tools of the Road Safety Manual, in the preparation of Road Safety Inspection Studies, to reduce the number of traffic accidents in the National Highway System (SINAC) of Peru, Method: It is type applied because it formulates recommendations to real problems, the type of study is framed in descriptive, correlational and explanatory, descriptive level, with a non-experimental, cross-sectional, prospective design and the cohort study (cause-effect). Result: The study sections have a total of 202.00 km, where between 2015 and 2018 there have been 563 accidents, resulting in 181 deaths and 1,390 injuries. The causes of these accidents occurred in 61% due to collisions, 24% forgetfulness and 15% run over. The analysis of the accident data shows that the human factor intervenes in 93%, the infrastructure factor in 23% and the vehicle factor in 2%. The average IMDA is 53% heavy vehicles and 48% light vehicles, whose speeds range between 60 km/h and 90 km/h. Conclusions: Among the main problems identified in relation to the infrastructure, there are discontinuities and insufficient vehicle containment systems, accesses and exits without canalization, short length for speed changes, curves with small radii, insufficient widenings, deficient visibility, deficient perception of traffic. traffic control devices, etc. For which the investment cost in Potentially Dangerous Sections (TPPs) amounts to S/.15,538,665.45 soles and in Accident Concentration Sections (TCAs) amounts to S/. 41,585,131.42 soles.

**Keywords:** road safety, road safety inspection, accident concentration sections and potentially dangerous sections, elements susceptible for improvement.

## I INTRODUCCIÓN

La Seguridad Vial es el campo del conocimiento centrado en prevenir y mitigar los accidentes de tránsito, con objeto de minimizar, en la manera de lo posible, la lesividad de los usuarios que utilizan el sistema de transporte vial: peatones, bicicletas, turismos, autobuses, camiones, vehículos agrícolas, entre otros. Por ello es vital entender la importancia de la Seguridad Vial, ya que necesita abarcar diferentes ámbitos y perspectivas a fin de contribuir con la mejora de seguridad vial, es primordial que las autoridades encargadas de formular normativas técnicas y regulaciones del tránsito articulen con las unidades orgánicas encargadas de la gestión de la infraestructura vial, empresas de transportes y fabricantes de vehículos. Así como también es urgente tener una política clara de actuación y que este mismo se encuentre diseñado acorde a nuestra realidad.

En cuanto a la inspección de seguridad vial ha sido esencial desarrollar la lista de chequeo, en los TCAs y TPPs, donde se han considerado oportuno el análisis detallado y pormenorizado de accidentalidad, identificando los factores (humano, infraestructura, vehículo) influyentes en la ocurrencia de los accidentes de tránsito y en base a los conocimientos adquiridos, se plantearon las medidas de mitigación que se han estimado convenientes. El enfoque técnico se ha desarrollado en función al Manual de Seguridad Vial, las soluciones para la mejora de la gestión de la seguridad vial de las carreteras, se ha centrado en el reforzamiento de aquellos aspectos técnicos y metodológicos, apoyado en metodologías de trabajo en el ámbito internacional como las auditorías y las inspecciones de seguridad vial. Para Speier et al.(2019), las técnicas y procedimientos de las auditorías de seguridad vial y de las inspecciones de seguridad vial es una herramienta para mejorar la seguridad de las carreteras en los países en desarrollo, pero que aún no se ha cumplido por las deficiencias encontradas en su operación y mantenimiento.

El uso de la infraestructura vial en el servicio del tránsito terrestre es fundamental porque permite a las personas ejercer sus derechos desarrollando diferentes tipos de actividades económicas. Sin embargo, producto de dicho tránsito de forma desorganizada y en el algún caso el transporte informal, generan congestiones y accidentes viales, que terminan afectando ineludiblemente estos mismos derechos, tales como el derecho a la vida, a su identidad, a su integridad moral, psíquica y física y a su libre desarrollo y bienestar. Cabe mencionar que actualmente la muertes causadas por accidentes de tránsito son considerados como un problema de salud pública cada vez más serio que se haya enfrentado a nivel mundial, asimismo de acuerdo a los informes de la organización Mundial de la Salud (OMS, 2015), es la primera causa de muerte entre jóvenes y las que más padecen de esta problemática son los países en vías de desarrollo que a la vista afecta económicamente, es así que en el estudio del año 2009 del Instituto Nacional de Salud, demostró que más del 2% del PBI es afectada por causa de los accidentes de tránsito. Ante este panorama resulta fundamental preguntarse, que está haciendo el Estado peruano para minimizar los accidentes de tránsito y sus consecuencias y qué factores no han permitido que se desarrolle las herramientas necesarias de seguridad vial que puedan hacer posible la creación de una visión común y el direccionamiento de esfuerzos tanto de las entidades responsables de la gestión de la infraestructura vial, como de los demás sectores de la sociedad, hacia la solución colectiva del problema.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), cada año, cerca de 1,35 millones de personas fallecen a raíz de un accidente de tránsito más de 3000 defunciones diarias y más de la mitad de ellas no viajaban en automóvil. Entre 20 millones y 50 millones de personas más sufren traumatismos no mortales provocados por accidentes de tránsito, y tales traumatismos constituyen una causa importante de discapacidad en todo el mundo. El 90% de las defunciones por accidentes

de tránsito tienen lugar en los países de ingresos bajos y medianos, donde se halla menos de la mitad de los vehículos matriculados en todo el mundo. Siendo estos accidentes un importante asesino de niños a medida que se avanza en la prevención y el control de infecciones infecciosas enfermedades, la contribución relativa de las muertes por enfermedades no transmisibles y lesiones ha aumentado. Las lesiones por accidentes de tránsito son la novena causa de muerte en todas las edades. Más personas mueren ahora como resultado de las lesiones causadas por el tránsito que por el VIH/SIDA, la tuberculosis o las enfermedades diarreicas. Las lesiones por accidentes de tránsito son actualmente la principal causa de muerte en niños y adultos jóvenes de 5 a 29 años, lo que indica la necesidad de un cambio en la salud actual de niños y adolescentes (Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, Organización Mundial de la Salud, Naciones Unidas). Según Martínez et al (2019), 1,3 millones de personas mueren cada año en accidentes de tráfico en todo el mundo y millones más resultan heridas, y los países en desarrollo se ven afectados de manera desproporcionada. Se prevé que el número de muertes por tráfico mundial será de alrededor de 1,8 millones anuales para 2030, lo que la convierte en las ocho causas de muerte en el mundo. También examinan las pruebas empíricas teóricas y causales existentes de intervenciones para mejorar los resultados en materia de seguridad vial, concentrándose en tres áreas centrales: carreteras y movilidad más seguras, vehículos más seguros y usuarios más seguros de las carreteras

Asimismo, cabe indicar que muchos países europeos, Nórdicos y asiáticos han tenido éxito en reducir las muertes por accidentes de tráfico en los últimos años, pero el progreso varía significativamente entre las diferentes regiones y países del mundo. Sigue existiendo una fuerte asociación entre el riesgo de muerte en el tránsito y el nivel de ingresos de los países. Con un promedio en la tasa de 27,5 muertes por 100.000 habitantes, el riesgo de muerte por accidentes de



tránsito es más de tres veces mayor en los países de bajos ingresos que en los países de ingresos altos, donde la tasa promedio es de 8,3 muertes por cada 100.000 habitantes. Entre las tres causas principales de defunciones de personas de 5 a 44 años figuran los traumatismos causados por el tránsito. Según las previsiones, si no se adoptan medidas inmediatas y eficaces, dichos traumatismos se convertirán en la quinta causa mundial de muerte, con unos 2,4 millones de fallecimientos anuales. Ello se debe, en parte, al rápido aumento del mercado de vehículos de motor sin que haya mejoras suficientes en las estrategias sobre seguridad vial ni la planificación del uso del territorio. Se ha estimado que las colisiones de vehículos de motor tienen una repercusión económica del 1% al 3% en el PNB respectivo de cada país, lo que asciende a un total de más de \$ 500 000 millones (OMS, 2015).

La infraestructura vial está fuertemente vinculada a la causa de lesiones fatales y graves en las colisiones de tránsito, y las investigaciones han demostrado que las mejoras en la infraestructura vial, en particular las normas de diseño que tienen en cuenta la seguridad de todos los usuarios de la carretera son fundamentales para hacer que las carreteras sean seguras. En el *Global status report on road safety (2018)*, muestra que, 112 países tienen estándares nacionales de diseño para la gestión de la velocidad, 92 países tienen estándares nacionales de diseño para separar a peatones y ciclistas del tráfico motorizado, 132 países tienen estándares nacionales de diseño para la provisión de cruces seguros para peatones y ciclistas y 147 países informaron haber realizado auditorías de seguridad vial o calificaciones de estrellas para nuevas carreteras, mientras que 114 países informaron haber realizado evaluaciones de seguridad o calificaciones de estrellas en carreteras existentes. Los investigadores Muir et al. (2018), hacen un estudio para adoptar una planificación y gestión más holísticas de la seguridad vial y lograr que los usuarios de la carretera cumplan con los requisitos, centrándose en las mejoras en la seguridad de la red de carreteras junto

con revisiones de los límites de velocidad fijados (que se fijarán en la respuesta al nivel de protección que ofrece la infraestructura vial) y la introducción progresiva en la flota de elementos modernos de seguridad de los vehículos.

En cuanto a la estructura del presente Estudio, en el primer capítulo de Planteamiento del problema se desarrolla la descripción y formulación del problema, se desarrolla la justificación, importancia y se indica las limitaciones de la investigación, así como se delimita la investigación y plantean los objetivos generales y específicos perseguidos que se enmarcan, en caso del Estudio de Inspección de Seguridad Vial. En el segundo capítulo se desarrolla el Marco Teórico, donde se describen detalladamente el marco teórico y conceptual del Estudio de Inspección de Seguridad Vial, en lo cual se considera de entre otros, los estudios de velocidad, retroreflectividad, tránsito, visibilidad y consistencia.

En el tercer capítulo de Metodología de la investigación, se describen la metodología, seguida en cada fase del trabajo, que quedará representada en un flujograma que indicará en cada fase los datos de partida utilizados, el proceso seguido y los productos obtenidos en cada fase. En ella se definen el tipo de investigación, la población y muestra, la operacionalización de las variables, los instrumentos, los procedimientos y los análisis de datos y las condiciones que ha de reunir un punto para ser considerado como TCA, y se describe el proceso metodológico de detección de TCAs en las carreteras objeto de estudio. En el cuarto capítulo de presentación de resultados, se realiza un análisis, y la contrastación de hipótesis, de los estudios de inspección de seguridad vial. En el quinto capítulo se presentan la discusión de resultados, en el sexto capítulo las conclusiones, en el séptimo capítulo las recomendaciones, en el octavo capítulo se presentan las referencias bibliográficas. Finalmente, como Anexo de los Estudios de Inspección de Seguridad Vial se presentan todos los estudios desarrollados para la consecución de la presente investigación.

## **1.1 Planteamiento del problema**

El uso de la infraestructura vial en el servicio del tránsito terrestre es fundamental porque permite a las personas ejercer sus derechos desarrollando diferentes tipos de actividades económicas. Sin embargo, producto de dicho tránsito de forma desorganizada y en el algún caso el transporte informal, generan congestiones y accidentes viales, que terminan afectando ineludiblemente estos mismos derechos, tales como el derecho a la vida, a su identidad, a su integridad moral, psíquica y física y a su libre desarrollo y bienestar. El concebido es sujeto de derecho en todo cuanto le favorece Artículo 2° de la Constitución Política del Perú.

Por ello, las acciones vinculadas con seguridad vial son primordial, para el desarrollo del país y el bienestar de los ciudadanos, y que estos mismo vienen afectando con el incremento de los accidentes de tránsito en el Perú a lo largo de los años. Considerando a su vez que nuestro país se encuentra en el Decenio de la Seguridad Vial, que a pesar de ello poco o nada se ha podido hacer para incrementar los índices de seguridad de nuestras vías. Cabe mencionar que actualmente la muertes causadas por accidentes de tránsito son considerados como un problema de salud pública cada vez más serio que se haya enfrentado a nivel mundial, asimismo de acuerdo a los informes de la organización Mundial de la Salud, es la primera causa de muerte entre jóvenes y las que más padecen de esta problemática son los países en vías de desarrollo que a la vista afecta económicamente, es así que en el estudio del año 2009 del Instituto Nacional de Salud, demostró que más del 2% del PBI es afectada por causa de los accidentes de tránsito.

Ante este panorama resulta fundamental preguntarse, que está haciendo el Estado peruano para minimizar los accidentes de tránsito y sus consecuencias y qué factores no han permitido que se desarrolle las herramientas necesarias de seguridad vial que puedan hacer posible la creación de una visión común y el direccionamiento de esfuerzos tanto de las entidades responsables de la

gestión de la infraestructura vial, como de los demás sectores de la sociedad, hacia la solución colectiva del problema.

En este punto es importante entender que Perú, al igual que otros países con grados de desarrollo similar o diferente, comparte una problemática común que exige la revisión al interior de cada organismo las responsabilidades y funciones para identificar las posibles debilidades que no han permitido estabilizar ni disminuir de manera sustantiva los elevados índices de muertes y lesiones en las vías. Aunque cuenta con unidades orgánicas distintas relacionado con el transporte y tránsito terrestre multimodal, no existe una visión compartida que permita fortalecer la administración de la seguridad vial en el país. Siendo uno de los puntos estratégicos que debe llevarse a cabo dentro de la revisión interna, posiblemente sea la existencia de las diferentes concepciones institucionales de seguridad vial, ya que de ello depende en gran medida la forma como se define el problema y las condiciones de intervención por parte de las entidades responsables, que, en últimas, constituye la forma actual de atacar el problema.

Por lo expuesto, en la presente investigación tiene por objeto desarrollar los Estudios de Inspección de Seguridad Vial en el Sistema Nacional de Carreteras del Perú SINAC, aplicando una de las herramientas básicas establecidas en el Manual de Seguridad Vial aprobada con Resolución Directoral N° 05-2017-MTC/14, y que a través de la aplicación de esta herramienta se pueda identificar la causa de los accidentes y recomendar propuestas de mejora relacionados con el factor infraestructura vial.

## **1.2 Descripción del problema**

### ***1.2.1 La seguridad vial como un problema de salud pública mundial***

Según la Organización Mundial de la Salud cada año, cerca de 1,35 millones de personas fallecen a raíz de un accidente de tránsito más de 3000 defunciones diarias y más de la mitad de

ellas no viajaban en automóvil. Entre 20 millones y 50 millones de personas más sufren traumatismos no mortales provocados por accidentes de tránsito, y tales traumatismos constituyen una causa importante de discapacidad en todo el mundo. El 90% de las defunciones por accidentes de tránsito tienen lugar en los países de ingresos bajos y medianos, donde se halla menos de la mitad de los vehículos matriculados en todo el mundo.

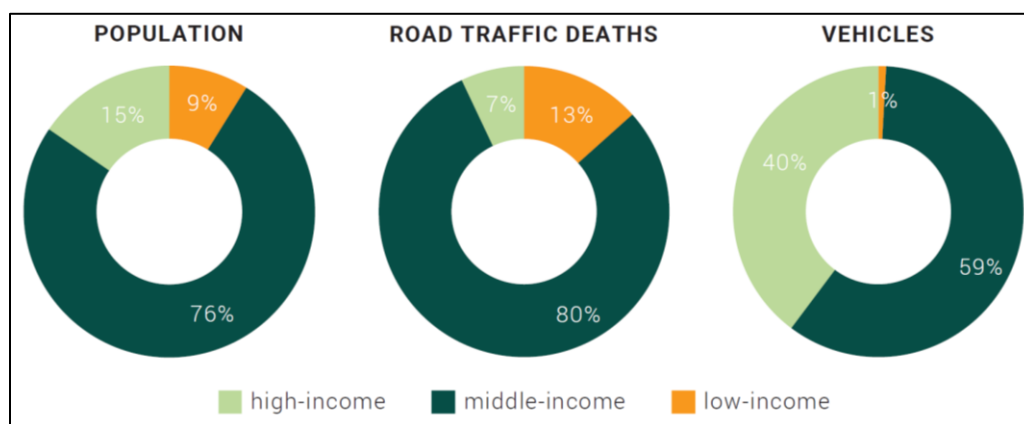
Siendo estos accidentes un importante asesino de niños a medida que se avanza en la prevención y el control de infecciones infecciosas enfermedades, la contribución relativa de las muertes por enfermedades no transmisibles y lesiones ha aumentado. Las lesiones por accidentes de tránsito son la novena causa de muerte en todas las edades. Más personas mueren ahora como resultado de las lesiones causadas por el tránsito que por el VIH / SIDA, la tuberculosis o las enfermedades diarreicas. Las lesiones por accidentes de tránsito son actualmente la principal causa de muerte en niños y adultos jóvenes de 5 a 29 años, lo que indica la necesidad de un cambio en la salud actual de niños y adolescentes. Este trabajo en nuestro país aún queda pendiente, ya que para ello se necesita la institucionalidad de la seguridad vial con autonomía, articuladora y gestora a nivel nacional.

Asimismo, cabe indicar que muchos países europeos, Nórdicos y asiáticos han tenido éxito en reducir las muertes por accidentes de tráfico en los últimos años, pero el progreso varía significativamente entre las diferentes regiones y países del mundo. Sigue existiendo una fuerte asociación entre el riesgo de muerte en el tránsito y el nivel de ingresos de los países. Con un promedio en la tasa de 27,5 muertes por 100.000 habitantes, el riesgo de muerte por accidentes de tránsito es más de tres veces mayor en los países de bajos ingresos que en los países de ingresos altos, donde la tasa promedio es de 8,3 muertes por cada 100.000 habitantes. Además, como se muestra en la Figura 1, la carga de muertes en el tránsito es desproporcionadamente alta entre los

países de ingresos bajos y medianos en relación con el tamaño de sus poblaciones y el número de vehículos motorizados en circulación.

### Figura 1

*Población, muertes por accidentes de tránsito y vehículos automotores registrados por categoría de ingresos del país\*, 2016*



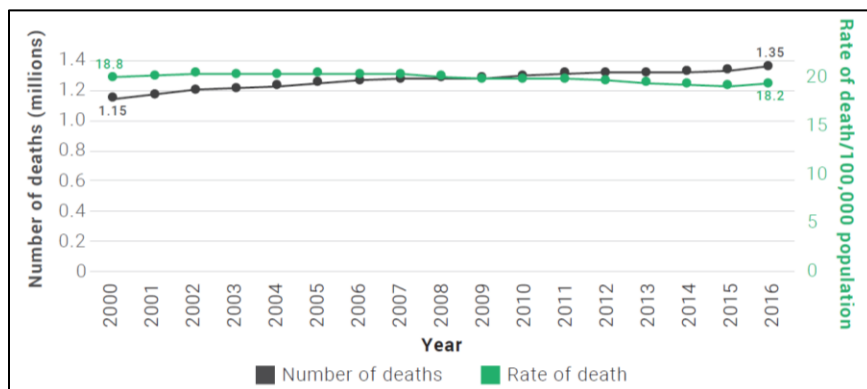
*Nota:* \* Niveles de ingresos se basan en las clasificaciones del Banco Mundial de 2017.

Fuente: Summary Global Status Report on Road Safety (2018).

Entre las tres causas principales de defunciones de personas de 5 a 44 años figuran los traumatismos causados por el tránsito. Según las previsiones, si no se adoptan medidas inmediatas y eficaces, dichos traumatismos se convertirán en la quinta causa mundial de muerte, con unos 2,4 millones de fallecimientos anuales. Ello se debe, en parte, al rápido aumento del mercado de vehículos de motor sin que haya mejoras suficientes en las estrategias sobre seguridad vial ni la planificación del uso del territorio. Se ha estimado que las colisiones de vehículos de motor tienen una repercusión económica del 1% al 3% en el PNB respectivo de cada país, lo que asciende a un total de más de \$ 500 000 millones.

**Figura 2**

*Número y tasa de muertes por accidentes de tránsito por cada 100,000 habitantes: 2000–2016*



Fuente: Summary Global Status Report on Road Safety (2018).

Cabe señalar que la infraestructura vial está fuertemente vinculada a la causa de lesiones fatales y graves en las colisiones de tránsito, y las investigaciones han demostrado que las mejoras en la infraestructura vial, en particular las normas de diseño que tienen en cuenta la seguridad de todos los usuarios de la carretera son fundamentales para hacer que las carreteras sean seguras. En el Global Status Report on Road Safety (2018); muestra que, 112 países tienen estándares nacionales de diseño para la gestión de la velocidad, 92 países tienen estándares nacionales de diseño para separar a peatones y ciclistas del tráfico motorizado, 132 países tienen estándares nacionales de diseño para la provisión de cruces seguros para peatones y ciclistas y 147 países informaron haber realizado auditorías de seguridad vial o calificaciones de estrellas para nuevas carreteras, mientras que 114 países informaron haber realizado evaluaciones de seguridad o calificaciones de estrellas en carreteras existentes. En el caso peruano durante el periodo 1994-2017 se han producido 1 917 538 accidentes de tránsito en el Perú, de los cuales 1 243 634 han ocurrido en Lima y Callao. Éstos últimos han dejado como saldo más de medio millón de víctimas: 21 545 fallecidos y 480 453 heridos y a diario vienen falleciendo en promedio 11 personas por día.

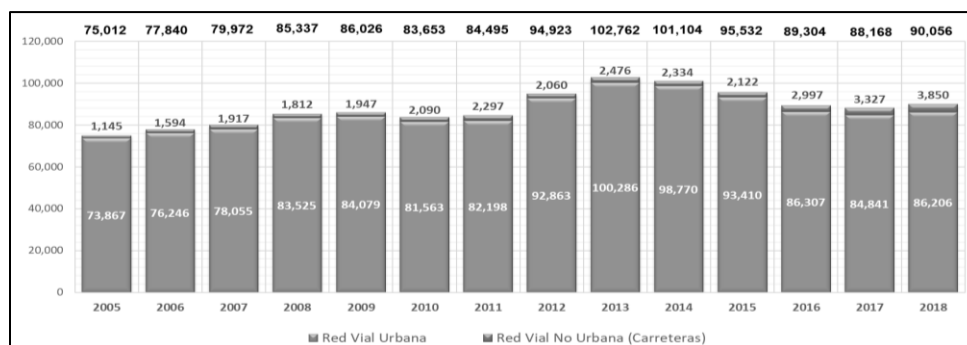
## 1.2.2 La seguridad vial como un problema de salud pública peruana

### a. Indicadores estadísticos de siniestralidad del Perú 2005-2018

La seguridad vial en el país actualmente se encuentra con alta vulnerabilidad, debido a que los índices de accidentalidad siguen siendo elevados, teniendo en el año 2018 en promedio 90,056 siniestros viales, muchos de ellos con consecuencias fatales, produciendo 64,759 víctimas (entre heridos y fallecidos) a nivel nacional. Aun cuando el número de incidentes viales en el tránsito aumentó, en este último año se elevó levemente en 2.1%, cabe indicar que el número de accidentes actuales siguen siendo una cifra inaceptablemente elevada para nuestro país. Esta data de accidentes sigue siendo alarmante ya que en la red vial urbana es el espacio donde más accidentes se están produciendo y en el año 2018 generó 3,245 muertes y 61,514 personas en condición de lesionadas. Son las vías de las ciudades los escenarios cotidianos de muerte e invalidez causados por accidentes de tránsito. En este último año 2018, el 95.7% de los siniestros en el tránsito ocurrieron en las zonas urbanas y 4.3% en vías interurbanas, nacionales, regionales y vías vecinales, en la Figura 3 se puede resumir que en promedio a 247 accidentes diarios.

### Figura 3

Accidentes de tránsito 2005 – 2018



Fuente: DIRETIC –PNP/DIREST-DIVREPRO-REGIONES PNP (2017–2021)

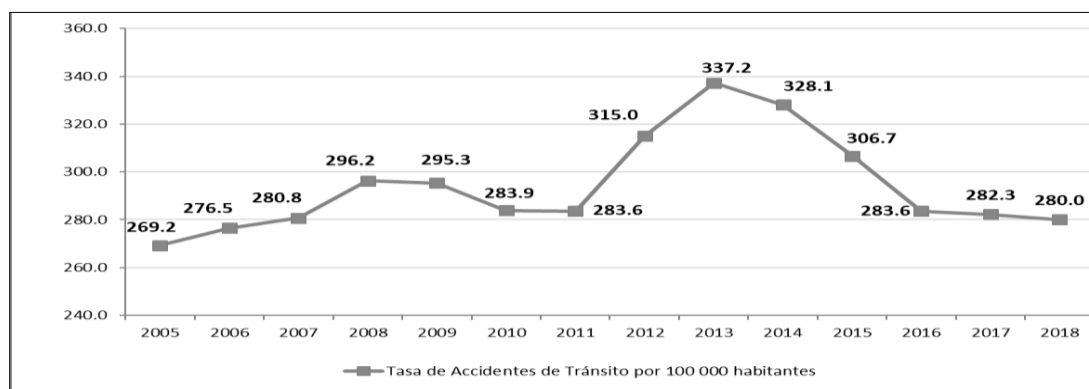
Por otro lado, en la Figura 3, se observa el comportamiento de la tasa de accidentes por cada 100 mil habitantes, en el periodo 2005- 2018, muestra una tendencia variable, levemente



hacia la baja, con dos momentos claramente diferenciados. En un primer momento, se experimenta una fuerte alza en la tasa, pasando de 269.2 accidentes por cada 100 mil habitantes en el año 2005 a 337.2 accidentes por cada 100 mil habitantes. En el 2013, significó un incremento de la tasa de accidentes del 25.2% en este periodo. En un segundo momento, observamos que la tasa de accidentes por cada 100 mil habitantes, alcanzada en el 2013, se revierte, manteniendo su tendencia decreciente hacia el 2018; esta reversión alcanzada, significó una tasa de 280 habitantes por cada 100 mil habitantes en ese año. Si bien el gráfico vemos un leve descenso del número de accidentes a partir del 2016, esta disminución no es significativa y tampoco se alinea con la meta de reducción del 30% al año 2021.

#### Figura 4

*Tasa de accidentes de tránsito por 100 000 habitantes 2005 – 2018*



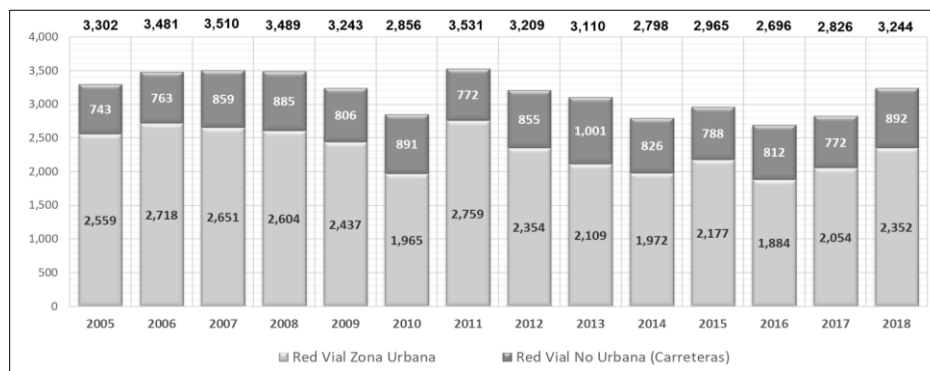
Fuente: DIRETIC –PNP/DIREST-DIVREPRO-REGIONES PNP (2017-2021)

La siniestralidad y/o accidentabilidad vial evidencia a un estado desorganizado en la gestión del transporte, desorden en la movilidad cotidiana de los usuarios y de una débil administración de las competencias. En síntesis, si no cumplimos con las normas de tránsito, si no tenemos un tránsito regulado, ordenado y si no disponemos con infraestructura segura para los distintos usuarios, no lograremos mejoras en la seguridad vial y los índices de siniestralidad posiblemente aumente, en la Figura 5 se muestra que el número de muertos en zonas urbanas

asciende en un 72.5% y no urbanas asciende en 27.5%, teniendo en promedio de entre 9 a 11 fallecidos por día.

## Figura 5

### *Muertos por accidentes de tránsito 2005 – 2018*



Fuente: DIRETIC –PNP/DIREST-DIVREPRO-REGIONES PNP (2017-2021).

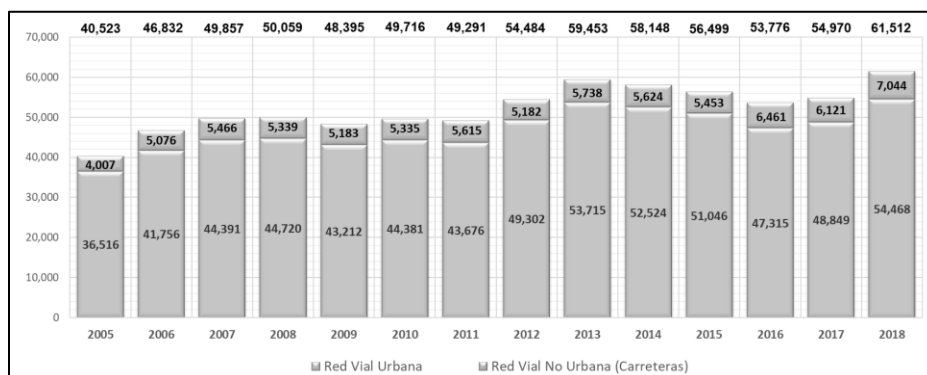
Como podemos observar en la Figura 8, la tasa de fallecidos por cada 100 mil habitantes muestra un comportamiento cambiante, donde nos parece importante denotar dos hitos, el que corresponde al periodo 2005-2010, donde se observa una reducción sustantiva de la tasa, pasando de 11.9 fallecidos por cada 100 mil accidentes en el 2005 a 9.7 fallecidos por cada 100 mil en el año 2010, constituyéndose en una de las tasas más bajas del quinquenio. El segundo hito corresponde al momento 2011-2018, que da cuenta de una tendencia cambiante orientada al incremento de la tasa de fallecidos, evidenciando un recrudecimiento del fenómeno.

Como resultado de este fenómeno durante el año 2018, los lesionados por siniestros en el tránsito se incrementaron en 11.9% respecto del año anterior, alcanzando a la cifra de 61,512 víctimas heridas en el país. Cifra muy elevada que afecta la vida social y económica de las familias peruanas, como también al sistema de salud pública nacional, empresas y del Estado en su conjunto. En este último año, el 88.5% de siniestros en el tránsito ocurrieron en las zonas urbanas y el 11.5% en vías nacionales, regionales y vecinales no urbanas. Si el mayor porcentaje de lesiones se dan en nuestras ciudades, debemos poner mucha atención en el estado de la infraestructura vial,

el alto riesgo que experimenta nuestra población en hacer uso o circular libremente por nuestras vías y debe llamarnos la atención el diseño geométrico de pistas y veredas, la señalización adecuada tanto horizontal como vertical, el cuidado de los espacios públicos y el acceso a las instalaciones hospitalarias.

## Figura 6

### *Heridos por accidentes de tránsito 2005-2018*



Fuente: DIRETIC –PNP/DIREST-DIVREPRO-REGIONES PNP (2017-2021).

En la Figura 6, la tasa de heridos por cada 100 mil habitantes muestra un comportamiento poco cambiante, con una tendencia muy sutil al alza para el periodo 2005- 2018. En resumen, en la red vial urbana se tiene en promedio 88.5 % y en la red vial no urbana se tiene en promedio 11.5% de heridos por accidentes de tránsito y diariamente tenemos 168 personas heridas.

#### **b. La Principal Característica de los Accidentes de Tránsito en Perú en el año 2018**

La principal causa es el factor humano, principalmente el comportamiento sobre el cual se busca incidir a través de la formación, mostrando logros incipientes en los cambios de actitud a nivel de conductores. En el año 2018 el 76.4% de las causas fue debido al factor humano, destacando el exceso de velocidad en un 27.8%, imprudencia del conductor 29%, ebriedad del conductor 7% e imprudencia del peatón 6%. Ante la débil y poca efectividad en la fiscalización y sanción, las infracciones y sanciones quedan impunes; sin embargo, es necesario desplegar esfuerzos por fomentar un reaprendizaje y un cambio en la actitud de los conductores que se

expresen en mejores conductas, desarrollo de mayor autocontrol y respeto por la vida de las personas que circulan por el espacio público.

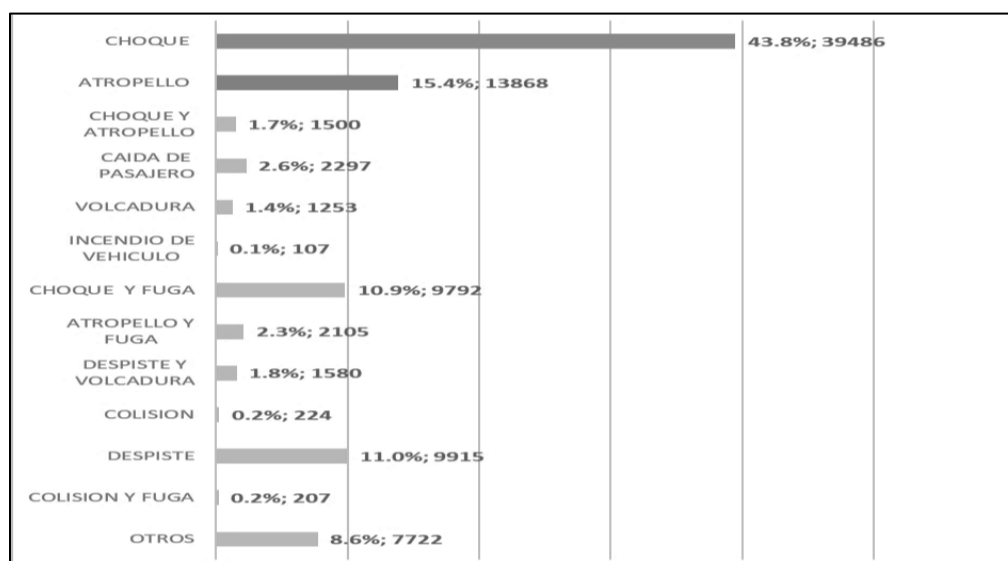
Otro de nuestra problemática es el crecimiento exponencial del parque automotor en los últimos 10 años, crecimiento que no ha estado acompañado por una visión de movilidad sostenible, lo que ha generado la saturación y congestión en tránsito producto de ello incrementando de los accidentes. Por ello es necesario diseñar y mantener vías auto explicativas y perdonadoras, que se comuniquen con los usuarios de forma efectiva y perdonen el error humano y que favorezca la movilidad y brindando mejores condiciones de seguridad vial, lo que incide en la reducción de factores de riesgo que afecta principalmente a la población más vulnerable. En la Figura 7 se muestra la causa de los principales accidentes. Asimismo, tenemos problemática con la limitada información de datos de accidentes para efectuar el análisis pormenorizado de la causa del accidente, así como efectuar las propuestas de mitigación y el seguimiento es limitado a los componentes de la seguridad vial, por la cual es urgente contar con un registro de datos y la observación relacionada con la accidentalidad, vehículos y los conductores elementos fundamentales para el desarrollo de acciones y propuestas.

Es necesario efectuar el acompañamiento a las municipalidades provinciales ya que en su mayoría no cuentan con una base de datos actualizada, no registran las infracciones y sanciones de tránsito en el Sistema Nacional de Conductores y no suspenden las licencias de conducir por superar los 100 puntos en su récord de conductor. Un dato que amerita nuestra atención es su crecimiento exponencial del parque automotor, siendo el incremento de vehículos menores el que presenta un crecimiento acelerado y uno sobre el cual recae la mayor incidencia de accidentes con pasajeros y de ahí la necesidad de su urgente regulación. En relación con la siniestralidad el tipo

de accidente que tiene mayor incidencia son los choques entre vehículos con un 43.8% frente a su inmediato posterior que atropello con el 15.4%, conforme se aprecia en el Figura 7.

### Figura 7

*Clases de accidentes de tránsito 2018 de enero a diciembre*

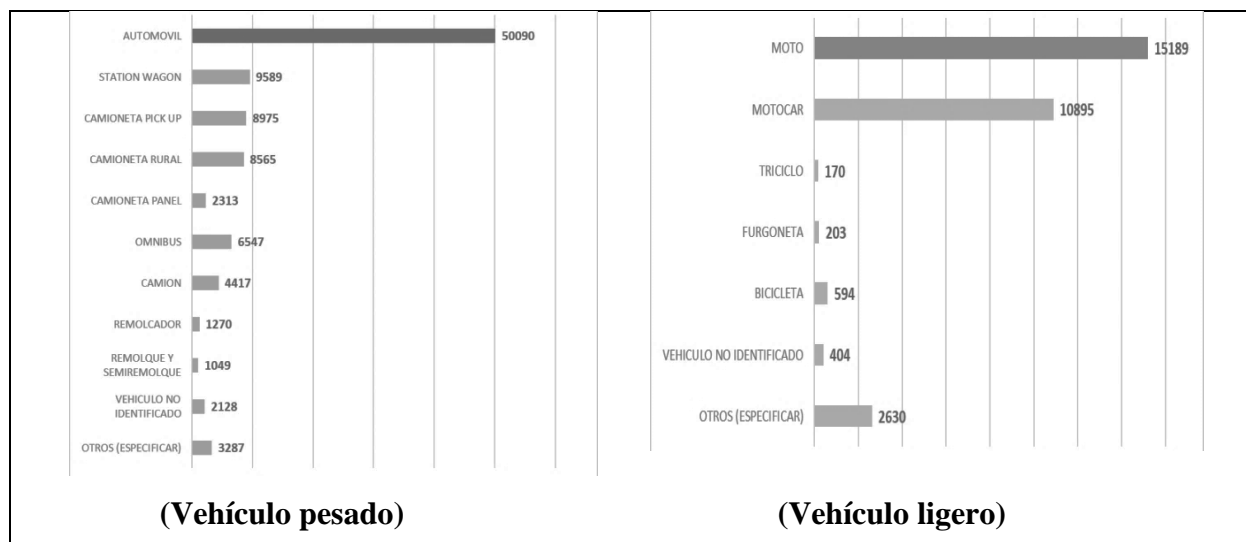


Fuente: DIRPEP – DIVEST – UP (2013)

La informalidad y el incumplimiento de las normas de tránsito han contribuido considerablemente en el aumento de la accidentalidad, por ello se debe sancionar de manera efectiva, a fin evitar que los conductores infractores reincidentes, logren conducir sin afectar la vida y salud de las personas. Los tipos de vehículos involucrados en estos accidentes de tránsito son esencialmente automóviles, station wagon, motos y camionetas, entre otros. La operación de sistemas de transporte en vehículos menores sin mayor regulación (mototaxis) en el Perú representa uno de los problemas que está impactando directamente sobre la accidentalidad, como se muestra en las Figuras 8, 9, 10 y 11.

## Figura 8

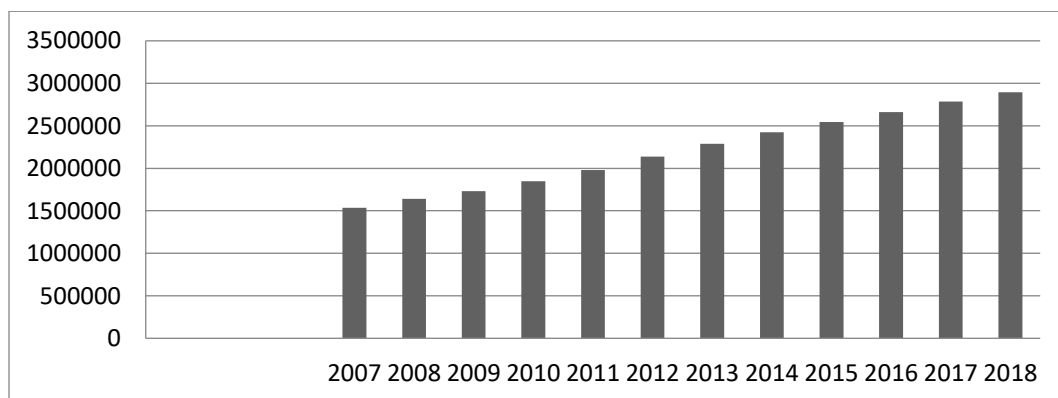
*Tipos de vehículos involucrados en accidentes de tránsito 2018 enero – diciembre*



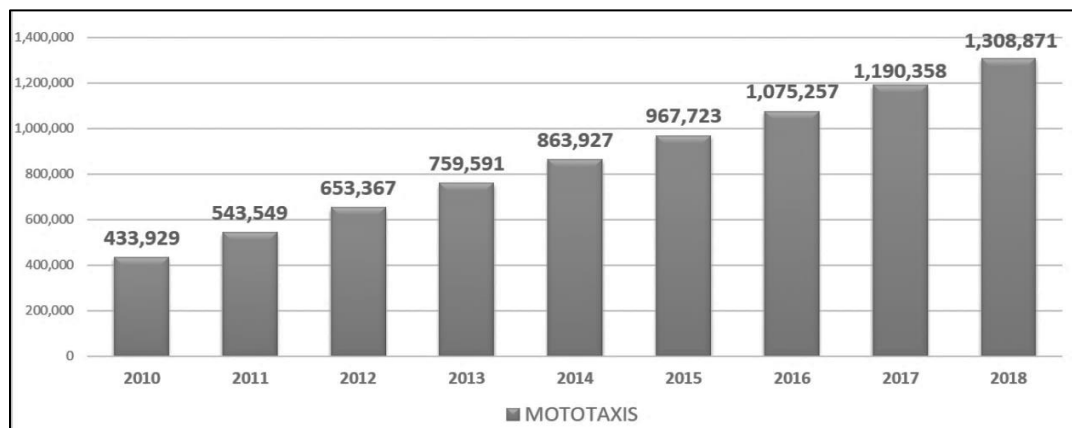
Fuente: DIRPEP – DIVEST – UP (2013)

## Figura 9

*Estimación del parque automotor 2007 - 2018*

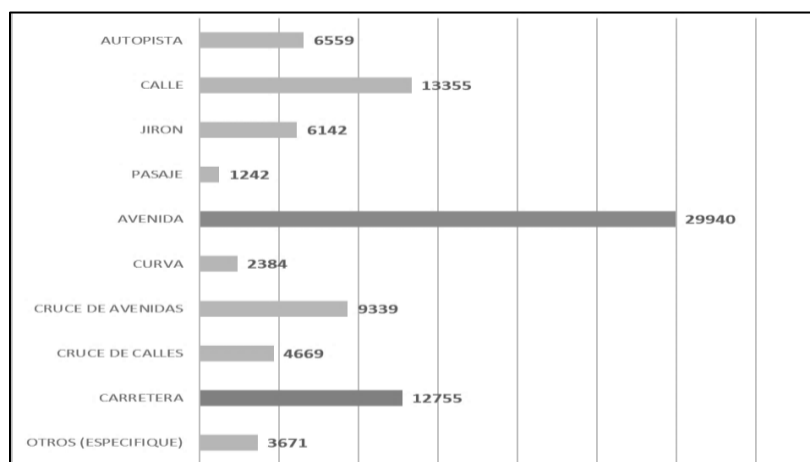


Fuente: OOGPP (2018).

**Figura 10***Parque automotor de mototaxis 2010-2018*

Fuente: OOGPP (2018).

En el Perú los accidentes de tránsito en el espacio público de movilidad se dan esencialmente en zonas urbanas (avenidas, calles), quedando en un segundo plano los accidentes en carreteras del territorio nacional. Un aspecto importante por destacar es la que las horas de mayor incidencia de accidentes son entre el rango de las 18 y 20 horas de la noche, seguidos por el rango de 16 a 18 horas y entre las 20 y 22 horas de la noche, dicha data estadística se muestra en las Figuras 11 y 12.

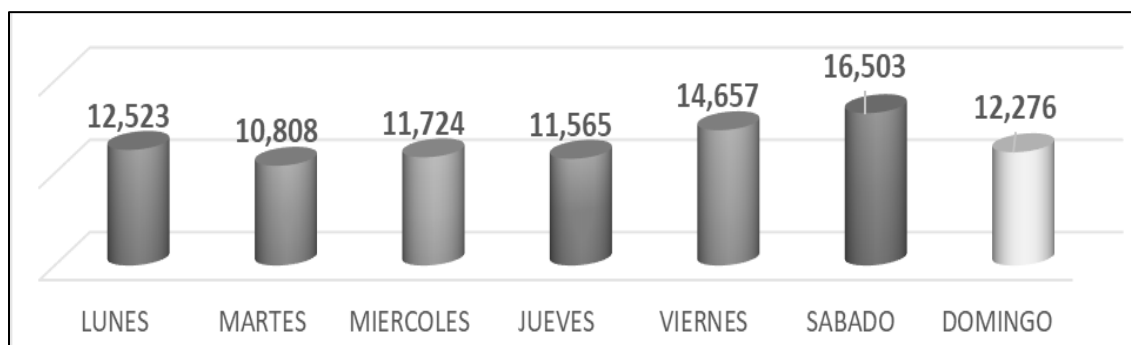
**Figura 11***Cantidad de accidentes de tránsito 2018 según el lugar de ocurrencia de enero a diciembre*

Fuente: DIRPEP – DIVEST – UP (2013)- UP

Los siniestros viales en el país, durante el 2018, no sólo se presentan de manera frecuente en el horario nocturno, sino también son recurrentes los fines de semana. Siendo el sábado, el día de mayor siniestralidad en el país.

### Figura 12

*Accidentes de tránsito 2018 según día de semana de enero a diciembre*



Fuente: DIRPEP – DIVEST – UP (2013).

#### **c. Costo de la siniestralidad en la vida humana peruana**

Al utilizar el método de evaluación proporcionado en el año 2012 por el Programa Internacional de Carreteras -iRAP, este determinaba que el valor de la muerte es de USD 399,600 dólares americanos, por lo que, al multiplicar por los 3,245 fallecidos para este año en nuestro país, arroja la cifra total de USD \$ 1,296,702,000. De igual manera el valor de una lesión grave, según iRAP, es de USD 79,920 el que multiplicado por la cantidad de lesionados graves para el año 2018, cuya cifra es de 25,960, se desprende que el costo de lesionados graves en el Perú, es de USD 3,371,425,200.

La propuesta económica presentada por IRAP, el Prof. Luis Bruno Seminario de Marzi, por encargo de la Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas, desarrolla un estudio para la estimación del costo social por fallecimiento prematuro, publicada el 11 de agosto, 2017, en el capítulo VI denominada el valor de la vida y el sistema de inversiones públicas del Perú, analiza en el numeral 1 del Valor de la vida humana y seguridad vial, para ello



toma en consideración la data de muertos de los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015, donde fallecieron 3 301 personas a causa de los accidentes de tránsito. En este estudio por accidentes tanto en términos absolutos como en porcentaje del PBI, se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Costo por accidentes de tránsito en el Perú 2011-2015*

Año	Fallecidos	Costos por muertes		% de PBI
		En millones de soles	En millones de dólares	
2011	3,531	1,644.69	487.31	0.35%
2012	4,037	1,880.37	557.14	0.37%
2013	3,176	1 479.33	438.31	0.27%
2014	2,798	1,303.27	386.15	0.23%
2015	2,965	1,381.05	409.19	0.23%
Promedio	3,301	1,537.74	455.62	0.28%

Fuente: INEI (2015)

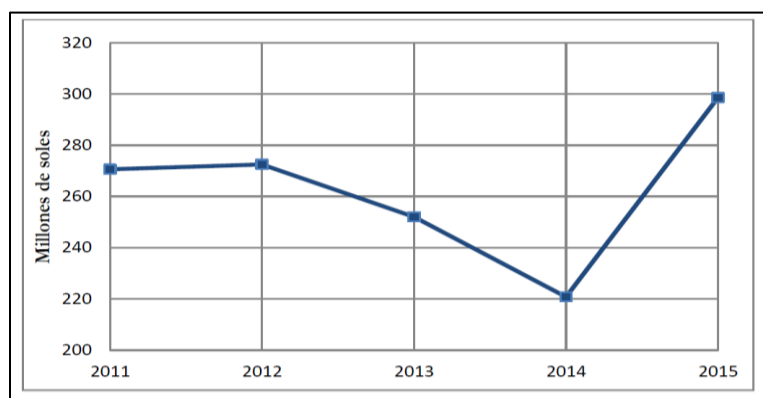
Con este análisis el profesor Luis Bruno Seminario de Marzi, demuestra las grandes cantidades de pérdidas económicas que viene generando los accidentes de tránsito, pues de la Tabla 1 se tiene que en promedio 1 537 millones de soles por año (aproximadamente 455 millones de dólares), una cifra equivalente, en promedio, a 0.28% del PBI.

Asimismo, en el estudio se puede observarse que el total de accidentes de tráfico tuvo una tendencia hacia la disminución, pero ésta no se manifestó por igual en todas las regiones del Perú. En Lima, por ejemplo, las muertes por accidentes de tránsito mostraron una tendencia a disminuir hasta el año 2014 (Figura 13), pero a partir de esta fecha, aumentaron nuevamente. Aunque la causa no es clara, el resultado sugiere que la reforma de transporte ejecutada por la administración edil tuvo cierto éxito. La disminución del número de muertes en 19% entre el 2012 y el 2014 implicó un ahorro en costos de casi 24 millones de soles por año (equivalente a 7 millones de

dólares por año), al pasar de pérdidas por aproximadamente 270 millones de soles en el 2012 a 255 millones de soles en el 2103 y a 220 millones de soles en el 2014.

### Figura 13

*Valoración de los costos ocasionados por las muertes por accidentes de tránsito (2011-2016)*



Fuente: MININTER- Dirección de Gestión en Tecnología de la Información y Comunicaciones.

Extraído (INEI, 2010) del INEI.

Estos resultados sugieren que la rentabilidad social de los proyectos que mejoren la seguridad vial puede ser sustancial. Para incorporar la misma en la evaluación de los proyectos sería importante estimar el impacto que estos pueden tener sobre la probabilidad de morir en un accidente de tráfico.

#### **d. Análisis coste-beneficio**

En los proyectos de inversión es necesario desarrollar el análisis coste-beneficio (ACB), ya que actualmente en países europeos se viene utilizando como herramienta de evaluación económica para elegir entre las diferentes alternativas de estudio, en la que queda incluida la de “no hacer nada”. Además, sirve para comprobar dentro de una misma alternativa la necesidad o no de llevar a cabo una determinada actuación y/o establecer prioridades entre diferentes opciones disponibles desde el punto de vista de la seguridad vial. Por ello este análisis constituye una técnica formal que describe y cuantifica en términos monetarios las ventajas (ingresos sociales) y

desventajas (costes y gastos sociales) que proporcionaría la ejecución de una alternativa permitiendo así la obtención de sus flujos de caja. A partir de ellos pueden obtenerse indicadores que midan su rentabilidad económica: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actualizado Neto (VAN) o relación Beneficio-Coste (B/C), entre otros. Cabe destacar que en el ACB deben quedar incluidos los aspectos para los cuales el mercado no proporciona una medida satisfactoria de su valor económico, considerándose beneficio a cualquier aumento en el bienestar social y coste a toda disminución de éste. El impacto que produciría la puesta en servicio de una alternativa a la seguridad vial puede cuantificarse como la rentabilidad social que ésta genera a través de la tasa de recuperación de una inversión a partir del bienestar social generado.

### **1.3 Formulación del problema**

#### **- Problema general**

¿De qué manera las herramientas del Manual de Seguridad Vial, en la elaboración de estudios de inspección de seguridad vial, se relaciona en la reducción del número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú?

#### **- Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera los componentes de la infraestructura vial del Manual de Seguridad Vial, se relaciona de manera efectiva en la disminución del número de accidentes de tránsito?
- b) ¿En qué medida el tratamiento de tramos de concentración de accidentes (TCAs) según el Manual de Seguridad Vial, se relaciona en la reducción del número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú?

- c) ¿En qué medida el tratamiento de tramos potencialmente peligrosos (TPPs) según el Manual de Seguridad Vial, se relaciona en la reducción del número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú?

## **1.4 Antecedentes**

### ***1.4.1 Enfoques internacionales de la seguridad vial.***

#### **a. Organización mundial de la salud**

Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud en adelante OMS y las Comisiones Regionales de Naciones Unidas para la seguridad vial y otros interesados han sido los encargados de preparar el Plan Mundial para el Decenio de Seguridad Vial como documento que sirva de orientación y que facilite la consecución de sus objetivos. En el año 2004 la OMS publicó el informe de prevención de traumatismos causados por los accidentes de tráfico, y en la actualidad existen grupos de trabajo por regiones mundiales para desarrollar un protocolo armonizado mundial de acumulación, tratamiento y explotación de datos de accidentes de circulación vial. Además, se llevó a cabo el Informe sobre la situación mundial de seguridad vial, que se realizó a través de una encuesta a 178 países y que se publicó en el año 2009. Los resultados muestran que cerca de la mitad de las personas que mueren cada año por accidentes de circulación vial en el mundo son peatones, motoristas, ciclistas y pasajeros del transporte público, y esta cifra es aún mayor en los países más pobres del mundo. El informe sugiere que dentro de cada país debe existir una colaboración entre los actores y los organismos cuyas políticas repercuten sobre la seguridad de los usuarios de las vías.

#### **b. Banco Mundial**

El Fondo Global para la Seguridad Vial del Banco Mundial, se creó en noviembre de 2005, con la finalidad de generar financiación y asistencia técnica para las actividades a nivel global, regional y nacional, especialmente en países no desarrollados y en vías de desarrollo pudieran

agilizar y expandir sus esfuerzos en la puesta en práctica de medidas que mejoren su seguridad vial. Esta iniciativa es liderada por el Banco Mundial y cuenta con el apoyo de sus socios fundadores y donantes, la FIA, P. Bajos y la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo. En tal sentido, podemos decir que Perú al ser un país en vías de desarrollo califica, para que el Banco Mundial pueda prever de recursos financieras, para hacer una política nacional de seguridad vial a nivel nacional, los mismos que permite la intervención en el factor infraestructura, humano, vehículo, entre otros.

### **c. Organización para la cooperación y el desarrollo de Europa**

El ITF, Foro Internacional del Transporte, es un organismo intergubernamental que pertenece al grupo de organismos de la OCDE. Este Foro es una plataforma mundial para que los responsables de las formulaciones políticas y las partes interesadas puedan mejorar la función del transporte en el crecimiento económico, así como el papel que desempeña la política de transporte en la respuesta a las dimensiones sociales y ambientales del desarrollo sostenible. En el año 2004, la OCDE y el Foro Internacional de Transporte, establecieron un Centro Conjunto de Investigación sobre el Transporte. En materia de seguridad vial, y en la actualidad se lleva a cabo investigaciones sobre la eficacia de las estrategias y medidas puestas en marcha para la reducción de la siniestralidad vial en los países miembros. El grupo de trabajo, que inició su jornada en 2010, está formado por representantes de Australia, Austria, Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Japón, Corea, México, P. Bajos, España, Suecia, Reino Unido y EE. UU. En este sentido los profesionales y gestores de la infraestructura vial, podrán suscribirse y ser parte de los estudios de medidas de mejora de seguridad vial.

### **d. Visión cero**

Visión cero, es un concepto de seguridad vial multinacional, que busca lograr un sistema de movilidad vial sin muertes o lesiones graves. Este concepto de visión cero tiene sus inicios en

Suecia y fue aprobado por su parlamento en octubre de 1997. Entre su principio básico de la visión cero es que, “la vida y la salud nunca pueden ser intercambiadas para otros beneficios dentro de la sociedad”, en lugar del principio convencional de comparar los costos y beneficios de forma que se le asigne un valor monetario a la vida y salud y se utilice ese valor para decidir cuánto dinero invertir en unos sistemas de tránsito con un riesgo aceptable. La visión cero reformula la forma de ver las responsabilidades de quienes conforman el sistema de la gestión de la infraestructura vial, considerando entre ello la responsabilidad principal, inclusive existe la responsabilidad del ciudadano en cumplir las normas de circulación, cambiando el enfoque de encarar la responsabilidad del usuario, e estos principios y a responsabilidades se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 2**

*Principios de la visión cero de Suecia*

<b>Ética</b>	<b>Responsabilidad</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Mecanismos de cambio</b>
La vida y la salud humana son primordiales y toman prioridad por encima de la movilidad y otros objetivos del sistema de tránsito.	Proveedores (de vehículos y de la vialidad) y reguladores del sistema de tránsito (el estado y los gobiernos de todo nivel) comparten responsabilidad con los usuarios de este.	Los sistemas de tránsito tienen que tomar en cuenta los errores humanos y minimizar tanto la posibilidad de errores como de daño posible cuándo ocurre.	Los proveedores y reguladores tienen que hacer todo lo posible para garantizar la seguridad de todos los ciudadanos, cooperar con los usuarios de la vía, y estar dispuesto a realizar cambios para conseguir la seguridad vial.

Fuente: elaboración propia

Este principio considera que no existe el ser humano perfecto, por lo que tenemos errores, pero que estos mismos errores no deberán pagarse con la vida, por ello desde el punto de vista de la infraestructura vial, nuestras vías deben ser indulgentes, perdonadoras ante el fallo humano, que

pueda esta vía perdonar el error humano y que si ocurriera un accidente no exista pérdidas humanas y que las lesiones sean mínimas.

#### **e. La seguridad sostenible holandesa**

El pensamiento central de la Seguridad Sostenible holandesa es similar en numerosos aspectos al de la Visión Cero suecos, y consideran que, “los accidentes de tráfico deben ser evitados y, cuando ello no sea posible, se deberán poner todos los medios para impedir que se produzcan lesiones graves”. Por tanto, el punto de inicio de la Seguridad Sostenible es “reducir de entrada y drásticamente la probabilidad de que ocurra un accidente mediante el diseño de la infraestructura; y en caso de que finalmente sucedan los accidentes, el proceso que determina su gravedad debe ser controlado de todo modo que las heridas graves sean virtualmente excluidas”. Por tal la filosofía que mueve a la Seguridad Sostenible es que, el usuario asume el papel central del sistema vial, lo que implica que tanto los vehículos como la propia tarea de conducción deben adaptarse a las limitaciones de los usuarios, incluidos los más débiles, entre los pilares de la Seguridad Sostenible tenemos:

- Los usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, motociclistas y ciclomotoristas).
- El concepto de carreteras o vías “auto explicativas”, cuyo trazado y señalización deben mostrar con claridad a los conductores cuál es la conducta o comportamiento seguro en cada momento.
- La jerarquización de las vías de acuerdo con su función, de modo que sean más coherentes con el concepto anterior de vías “auto explicativas”.

Además, según la seguridad sostenible, el sistema de transporte por carretera tiene que cumplir con los siguientes requisitos:

- La función de las vías y su uso tiene que coincidir y la infraestructura tiene que diseñarse para tener en cuenta las limitaciones humanas.
- Los vehículos a motor tienen que estar diseñados y equipados de modo que faciliten la tarea de la conducción y proporcionen protección en caso de accidente.
- Los usuarios de las vías deben tener a su alcance una formación e información adecuadas y deben ser incentivados para rehuir conductas peligrosas y hábitos que reduzcan sus capacidades y habilidades.

En tal sentido, podemos indicar que, nuestros proyectos de vías deberán ser diseñadas considerando el error humano y que, a su vez, este diseño debe prever que ocurra el accidente a causa de la infraestructura.

#### **f. Década de Acción de las Naciones Unidas para la Seguridad Vial 2011–2020**

En su resolución 64/255 (Trafick), de marzo de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011-2020 «Decenio de Acción para la Seguridad Vial», con el objetivo general de estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo aumentando las actividades en los planos nacional, regional y mundial, antes de 2020, ello se lograría mediante:

- La formulación y ejecución de estrategias y programas de seguridad vial sostenibles.
- La fijación de una meta ambiciosa, pero factible, de reducción del número de muertos a causa de las colisiones de tránsito antes de 2020 basándose en los marcos vigentes de metas regionales relativas a las víctimas.
- El reforzamiento de la infraestructura y capacidad de gestión para la ejecución técnica de actividades de seguridad vial a nivel nacional, regional y mundial.



- El mejoramiento de la calidad de la recopilación de datos a nivel nacional, regional y mundial.
- El seguimiento de los avances y del desempeño a través de una serie de indicadores predefinidos a nivel nacional, regional y mundial.
- El fomento de una mayor financiación destinada a la seguridad vial y de un mejor empleo de los recursos existentes, en particular velando por la existencia de un componente de seguridad vial en los proyectos de infraestructura vial.

Asimismo, en esta resolución se solicita a la Organización Mundial de la Salud y a las comisiones regionales de las Naciones Unidas que, en cooperación con otros asociados del Grupo de colaboración de las Naciones Unidas para la seguridad vial y otros interesados, desarrollen un plan de acción del Decenio, siendo esto un instrumento que guíe y facilite la consecución de sus objetivos. En tal sentido la OMS y las Comisiones elaboraron El Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020, que tiene como finalidad servir de documento de orientación que facilita medidas para las coordinaciones relacionados con los objetivos del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011 – 2020. En este plan se plantean las actividades a desarrollar durante el Decenio debiendo tener lugar en el plano local, nacional y regional, pero además hace hincapié principalmente en las medidas a nivel local y nacional. Así como se alienta a los países a que, dentro del marco jurídico de los gobiernos locales y nacionales, ejecuten las actividades de conformidad con los cinco pilares siguientes:

**Tabla 3***Cinco pilares de las Naciones Unidas*

<b>Pilar 1</b>	<b>Pilar 2</b>	<b>Pilar 3</b>	<b>Pilar 4</b>	<b>Pilar 5</b>
Gestión de la seguridad vial.	Vías de tránsito y movilidad más segura.	Vehículos más seguros.	Usuarios de Vías de tránsito más seguros.	Respuesta tras las colisiones.

Fuente: elaboración propia en base al Plan de la OMS.

Cabe indicar que los estudios de inspección de seguridad vial, desarrolladas en esta investigación se centra principalmente en el Pilar 2 específicamente en las vías de tránsito y movilidad segura.

#### **g. Armonización con la agenda global 2030**

La agenda para el desarrollo sostenible 2030 es un plan de acción para las personas, el planeta y la prosperidad, a la vez que pretende consolidar la paz y requiere el desarrollo de alianzas para su puesta en práctica. De los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y sus 169 metas que guían la política y la financiación de la agenda, 2 objetivos están directamente relacionados con la seguridad vial. Objetivo 3, meta 3.6 y objetivo 11, meta 11.2 en defensa de la vida y la movilidad segura. Observamos que el objetivo 3 no hace más que rectificar las metas de seguridad vial planteada en el Plan del Decenio 2011- 2020 y se incorpora el objetivo 11 de gran impacto en la movilidad urbana segura. La inclusión de dichas metas tan ambiciosas constituye un avance significativo para la seguridad vial en nuestra sociedad. Es un reflejo al reconocimiento cada vez mayor del enorme precio que cobran los traumatismos causados por los siniestros de tránsito: estos constituyen una de las causas de muerte más alarmantes en el mundo, y la principal causa de muerte entre personas de edades comprendidas entre los 15 y los 29 años. El Perú no es la excepción. En

ese sentido observamos, la alineación integrada y coherente con la seguridad vial en dos objetivos directos, tales como: el derecho a la vida y la movilidad segura.

#### **Tabla 4**

##### *Derecho a la vida y por una movilidad segura*

<b>Objetivo 3:</b>	<b>Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades:</b>
Meta 3.6:	De aquí al 2020, reducir a la mitad el número de muertos y lesionados causados por accidentes de tráfico en el mundo
Objetivo 11:	Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles
Metas 11.2:	De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.

Fuente: Agenda Global 2030: objetivos de desarrollo sostenible 2015- 2030

#### **h. Integración al OCDE al 2021**

El País plantea su admisión a la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo- OCDE, como miembro pleno. Este es un objetivo - país, un propósito factible alcanzar al 2021, año del Bicentenario de nuestra independencia. Este ingreso al club de los países más desarrollados constituye un desafío en el tránsito hacia el bienestar de todos los peruanos. La admisión como miembro de OCDE asegura la idoneidad y cumplimiento de políticas públicas, que conducirán a nuestro país a ser parte de este gremio como una economía desarrollada. Sin embargo, su admisión está condicionada al cumplimiento de algunos requisitos en los que se encuentra encaminada el país, pero también exige el desarrollo de una estrategia ambiciosa de seguridad vial que los miembros del OCDE aplican, el denominado: “Objetivo Cero: Objetivos ambiciosos para

la Seguridad Vial y el Enfoque sobre un Sistema Seguro”. Se trata sobre un exigente enfoque, el de derechos humanos de la seguridad vial a través de la seguridad humana, en donde la posibilidad de ampliación de oportunidades, aumento de derechos y capacidades de las personas dependen de la protección que el Estado le da al individuo frente a amenazas de distinta naturaleza. Esta estrategia viene desarrollándose e implementándose por cada uno de sus miembros bajo los siguientes términos:

- Adoptar una visión ambiciosa para la seguridad vial.
- Fijar objetivos provisionales para avanzar de manera sistemática hacia dicha visión.
- Desarrollar un enfoque basado en el Sistema Seguro para conseguir los objetivos ambiciosos.
- Explotar intervenciones probadas para obtener beneficios rápidos.
- Recopilar y analizar los datos suficientes para entender los riesgos de colisión y de las lesiones relacionadas con el tráfico.
- Reforzar el sistema de gestión sobre seguridad vial.
- Acelerar el traspaso de conocimientos.
- Invertir en seguridad vial y en prevención de las lesiones derivadas del tráfico.
- Fomentar el compromiso a los más altos niveles gubernamentales.

La incorporación del país al OCDE requerirá que el país realice importantes avances en la pacificación del tránsito, la reducción de la siniestralidad y consecuentemente una drástica disminución de los fallecidos y heridos en nuestra movilidad cotidiana.

### ***1.4.2 Antecedentes nacionales***

Teniendo en consideración el contexto del desarrollo de la Seguridad Vial a Nivel Mundial, Perú ha participado en diferentes eventos y programas internacionales, así como ha suscrito diversos tratados y convenios internacionales, relacionadas con la Seguridad Vial. Es así como, artículo XI de la Convención sobre la Reglamentación del Tráfico Automotor de Washington de 1930, en el Perú fue aprobada mediante Resolución Suprema N° 418 de 1935 y que se encuentra en vigor desde el 25.03.1937, este convenio tuvo como objetivo establecer los parámetros técnicos para las señales de peligro, restricción y dirección, quedando en consenso que estas señales deberán ser uniformes en todas las naciones firmantes de este convenio. En cuanto, a la Convención sobre la Circulación por Carretera de Ginebra de 1949, aprobada con Resolución Suprema N° 433, de 1957, el cual entra en vigor para el Perú desde el 08.08.1957, la importancia de esta convención relacionado con la seguridad vial se establece en el Artículo 7 donde señala la necesidad de que los conductores, peatones y demás usuarios hagan uso de la vía de manera responsable y segura teniendo un comportamiento adecuado afín de no causar daño a las personas o a la propiedad pública o privada.

Por otro lado, también se participó en la Convención sobre la Circulación Vial de Viena de 1968, ratificada mediante Decreto Supremo N° 101-2005-RE y en vigor para el Perú desde el 06.10.2007, este convenio tiene por finalidad armonizar el lenguaje vial a nivel internacional para que el tráfico sea eficiente, seguro y sostenible. Asimismo, en el Reglamentación Básica Unificada de Tránsito de Montevideo de 1992 (suscrito en el marco de la Asociación Latinoamericana de Integración - ALADI), en el Perú es aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2001-ITINCI, de 13.06.2001, en este reglamento se establece una base normativa mínima y uniforme para regular

el tránsito vehicular internacional. En cuanto a las disposiciones nacionales emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones tenemos los siguientes:

Ley N° 27181, Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, desarrolla el contenido de estos principios y derechos constitucionales, en el ámbito del transporte y la circulación terrestre. Al respecto, la Ley señala que la acción estatal se orienta al resguardo de las condiciones de seguridad y salud, así como a la protección del ambiente. Además, reconoce el deber del Estado de promover la inversión privada en materia de transporte y tránsito terrestre. En coherencia con ello, el artículo 16 de la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (en adelante, el MTC) asume competencia de gestión para diseñar sistemas de prevención de accidentes de tránsito. Para promover la seguridad vial peruana se crea el Consejo Nacional de Seguridad Vial, mediante Decreto Supremo N° 010-96-MTC, para ser el ente rector en materia de Seguridad Vial a nivel Nacional, cuyo objetivo principal fue promover y coordinar las acciones vinculadas con la Seguridad Vial en el Perú, así como de implementar de forma multisectorial el Plan Nacional de Seguridad Vial, convocando para ello no sólo a instituciones del sector público, sino también a organismos privados y no gubernamentales.

Asimismo, para tener un ente articulador entre el Consejo Nacional de Seguridad Vial y el MTC se crea la Secretaría Técnica del CNSV mediante Decreto Supremo N°024-2001-MTC con autonomía técnica, económica y financiera dentro del Pliego del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Como órgano ejecutor de los acuerdos del CNSV, encargado de asesorar y aprobar los Planes Regionales y los Planes Anuales de Seguridad Vial elaborados por los Consejos Regionales de Seguridad Vial - CRSV, así como promover y coordinar la participación de entidades públicas y privadas en los programas de Seguridad Vial.

Con el Decreto Supremo N° 010-96-MTC, presentan las modificaciones, siendo que la Sexta Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 022-2018-MTC (publicado el 31 diciembre 2018), la que a adecua el Consejo Nacional de Seguridad Vial a la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, como Comisión Multisectorial de naturaleza permanente, con el nombre de Comisión Multisectorial de Seguridad Vial, adscribiéndola a la Dirección de Políticas y Normas en Transporte Vial. Entendiendo que La seguridad vial constituye una agenda global del desarrollo moderno y civilizado, asumidos por muchos países, entre ellos el Perú, en acuerdos y agendas mundiales aprobados por la Asamblea de las Naciones Unidas y revaloradas por la Organización Mundial de la Salud, como objetivos de mayor alcance en la sostenibilidad y niveles de bienestar que debemos alcanzar como sociedades modernas y responsables para proteger y preservar la vida de las personas en su movilidad cotidiana.

El Perú forma parte de los acuerdos internacionales de entre otros con: Plan del Decenio de la Seguridad Vial. OMS 2011-2020, Armonización con la Agenda Global 2030: Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015- 2030, Integración al OCDE al 2021: Objetivo Cero de Seguridad Vial. Asimismo, es importante mencionar que la seguridad vial en el Perú tiene sus lineamientos en la PESEM, PEI 2018 – 2021, en el marco de la política general y prioridades del sector transportes, los objetivos establecidos en el Plan Bicentenario, las recomendaciones de la OCDE y los compromisos asumidos en la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, los lineamientos de política institucional de Transportes y Comunicaciones se enmarcan de la siguiente manera: que la accesibilidad a los servicios de transportes y comunicaciones, competitividad de los servicios de transportes y comunicaciones, seguridad en todos los modos de transporte, integración de los servicios de transportes y TICS con enfoque logístico, promover la Inversión privada en el sector, conservación de la infraestructura de transportes y comunicaciones, gestión de riesgos de desastres

en los sistemas de transporte, sostenibilidad ambiental en los sistemas de transporte, reducción de brechas de conectividad física y digital a nivel de los departamentos, descentralización de la inversión de transportes y comunicaciones.

Como se puede observar uno de los temas a destacar se encuentra la Seguridad en todos los modos de transporte, por ello en atención a este punto el MTC dentro de sus Objetivos Estratégicos Institucionales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. PEI 2018-2021, específicamente en la estrategia Institucional 7: propone reducir las consecuencias fatales derivadas de los siniestros viales en la población nacional, en virtud a ello actualmente se cuenta con el Manual de Seguridad Vial que está siendo una herramienta valiosa para los tres niveles de gobierno, para la mejora de la seguridad vial a nivel nacional, sin embargo se encuentran debilidades principalmente con la formación de profesionales nacionales, es por ello la importancia y necesidad de poner en manifiesto esta problemática a fin que las Universidades comiesen a formar profesionales que diseñen vías seguras e indulgentes, capaz de perdonar el error humano.

### ***1.4.3 Evolución de las auditorías e inspecciones de seguridad vial***

#### **a. Reino Unido.**

Las Auditorías de Seguridad Vial (ASV) empezaron a realizarse de manera formal durante la década de los años 80 en Reino Unido, en la que los ingenieros de seguridad vial de las autovías interurbanas estaban desarrollando planes de reducción de víctimas en carreteras donde el diseño y construcción de éstas cumplieran con las últimas normas vigentes de esa época. Dichos técnicos se percataron de que no por cumplir la normativa hacía que de por sí la carretera fuera segura, sino que además la accidentabilidad debía ser reducida antes de la construcción. Por tanto, en vez de esperar a tomar medidas correctivas en cuanto empezaran los accidentes, optaron por medidas preventivas que los evitaran. En 1990, la primera guía ASV fue publicada por la Institution of Highways and Transportation. Esta guía fue revisada en 1996 y 2008. A parte de esta guía en el



Reino Unido, el British Department for Transport añadió al Manual de Diseño de puentes y carreteras, un procedimiento estandarizado HD 19/03, que fue actualizado en marzo de 2015, HD 19/15 que constituye la normativa de obligado cumplimiento en autovías y autopistas de este país.

**b. Australia y Nueva Zelanda.**

Como fruto del intercambio entre estos países con el Reino Unido las ASV fueron implantadas a partir de 1990, donde la experiencia de los ingenieros británicos la asumieron los australianos y neozelandeses y fue reflejada en las recomendaciones redacción de ASV en 1994 por la Austroads, la asociación de los titulares de las redes de carreteras de Australia y nueva Zelanda. Estas recomendaciones fueron revisadas en 2002 y 2009, siendo en ésta última donde se proporcionan herramientas para los auditores.

**c. Estados Unidos**

La Federal Highway Administration (FHWA) financió un programa de conocimiento a sus ingenieros para estudiar el sistema de auditorías implantado en Australia y Nueva Zelanda (FHWA, 2006), con objeto de establecer una metodología de este sistema adaptado para los Estados Unidos (Heaslip et al., 2010). El primer programa de realización de ASV fue realizado en trece Estados. En 2010 el número casi llegó al doble de ellos y cada vez está más implantado en el país. La primera recomendación redactada por la FHWA fue publicada en 2006, y según sus autores está redactada para servir de base a administraciones públicas que quieran desarrollar las directrices y procedimientos de auditorías de seguridad bajo su competencia con el propósito de que este sistema se integre en el día a día de las decisiones técnicas.

**d. Europa.**

La Unión Europea incluyó tanto en el libro blanco “La Política Europea de Transportes de cara a 2010: la hora de la verdad” como en su tercer Plan de Acciones de Seguridad Vial, desarrollado para el periodo 2002-2010, la necesidad de implantar, entre otras herramientas

de gestión de la seguridad vial la realización de auditorías de seguridad vial para carreteras nuevas y en servicio. La Directiva 2008/96/CE, de 19 de noviembre de 2008 sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viales supone un punto de inflexión en el marco de la normativa comunitaria que exige el establecimiento y la aplicación de procedimientos relacionados con las evaluaciones de impacto de la seguridad vial, las auditorías de seguridad vial, la gestión de la seguridad de la red de carreteras y las inspecciones de seguridad por parte de los Estados.

**e. Naciones Unidas y bancos multilaterales de desarrollo**

Naciones Unidas publicó el “Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020” en el que unos de sus objetivos es el “fomento de una mayor financiación destinada a la seguridad vial y de un mejor empleo de los recursos existentes, en particular velando por la existencia de un componente de seguridad vial en los proyectos de infraestructura vial”. Para el cumplimiento de ese objetivo el plan cuenta el pilar “Vías de tránsito y movilidad más seguras”, que en sus actividades figuran:

- “Fomentar la creación de nuevas infraestructuras seguras que satisfagan las necesidades de movilidad y acceso de todos los usuarios, alentando a las autoridades pertinentes a que: utilicen los resultados de evaluaciones independientes de la repercusión de la seguridad vial y de auditorías de seguridad en la planificación, diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento de los nuevos proyectos viales, y que apliquen debidamente las recomendaciones de las auditorías.”
- “Alentar la creación de capacidad y la transferencia de conocimientos en materia de infraestructuras seguras, mediante: la promoción de la formación en materia de seguridad vial y de soluciones de ingeniería de seguridad de bajo costo, auditorías de la seguridad y evaluaciones de las carreteras;”

La Declaración Conjunta reconoce que una contribución significativa y sostenible a la reducción de los siniestros viales se logra con las mejoras en la infraestructura vial, en la cual los BMD tienen un papel importante por desarrollar. Resalta sus propósitos para compartir las mejores prácticas y conocimientos entre los BMD en materia de seguridad vial y para establecer estándares y estrategias comunes basadas en esas mejores prácticas y en un enfoque razonablemente consistente para enfrentar los temas de seguridad vial, tal como ocurre actualmente con el medio ambiente. De manera general, esto significa tener un enfoque conjunto de seguridad vial, y, más específicamente, para los proyectos viales y de transporte, financiados por los BMD, así como los proyectos que no son de transporte, pero que generan tráfico. Entre los aspectos recomendados en los que los BMD pueden promover, asesorar o requerir directamente para proyectos de infraestructura son: i) Análisis del Impacto de la Seguridad Vial (EISV), incluidos el análisis de datos sobre siniestros para una vía específica, una red de vías o un área en particular; identificación de problemas de accidentalidad, factores de riesgo y grupos objetivo; y la elaboración de puntos de referencia para monitoreo de desempeño de un proyecto dado y ii) Auditorías de Seguridad Vial (ASV) que examinen desde la viabilidad hasta la inauguración del proyecto completado, así como el proyecto después de su apertura, realizadas por auditores de seguridad vial certificados e independientes.

**Tabla 5**

*Lista de control de los análisis de seguridad vial para los proyectos financiados por los BMD en materia de proyectos de infraestructura vial*

<b>Aplicabilidad</b>	<b>Fase del proyecto</b>	<b>Temas para considerar</b>
Construcción nueva	Estudio de factibilidad	Análisis de Impacto de la Seguridad Vial
Rehabilitación		Calificación de la seguridad vial
Reconstrucción		
Mejoramiento	Diseño preliminar	Implementación del enfoque basado en sistemas de contención en el diseño y estándares de diseño Auditorías de Seguridad Vial y/o Calificación de la seguridad vial
	Diseño detallado	
	Construcción	Administración del tráfico en zonas de construcción Sensibilización en seguridad vial
	Antes/después de la apertura	Auditorías de seguridad vial y/o Calificación de la seguridad vial Sistemas de asistencia en situaciones de emergencia Evaluación y monitoreo de los impactos de la seguridad vial
Mantenimiento de vías	Operación de vías existentes	Inspección de la Seguridad Vial Gestión de los puntos críticos Calificación de la seguridad vial, mapeo de las zonas de siniestros de tránsito y análisis espacial Información adecuada para los usuarios y aplicación de las normas Sistemas de asistencia en situaciones de emergencias

*Fuente: BMD, (2014).*

Como fruto de estas actuaciones, los países receptores de estas financiaciones fueron asumiendo la sistemática y cultura de seguridad vial sobre la cual se fue implementando en otras administraciones de carreteras de estos países.

## **1.5 Justificación de la investigación**

### ***1.5.1 Conveniencia***

Al comprender cuáles son los aportes de los profesionales e institucionales que se tienen sobre seguridad vial en el país, será posible analizar y proponer medidas de mejora a las infraestructuras viales. Por ello, para que se pueda intervenir en esta problemática, es necesario tener una mirada integral que considere la seguridad vial como un punto donde se puede intervenir este problema con las herramientas y buscar obtener los resultados esperados, reflejados en una reducción real de los accidentes en las vías. Este análisis servirá de insumo para que pueda llegar a replantearse la manera como se está abordando la seguridad vial en Perú que permita cambiar el panorama actual que se presenta en las vías y que afecta la vida e integridad de sus usuarios.

### ***1.5.2. Relevancia social***

Perú sufre una de las llamadas pandemias de mayor impacto en la humanidad por cuanto a diario se producen, en sus vías y carreteras, muertes y lesiones, muchas veces discapacitantes, que afecta no solo la capacidad productiva de las personas sino su posibilidad de integración y desarrollo personal, social y familiar. Sin embargo, existe una continuidad en la manera de intervenir el problema, que no ha logrado disminuir de manera contundente las tasas de accidentalidad de tránsito. Por esta razón, se requiere una revisión urgente, de la manera como las instituciones encargadas de las vías desarrollan las mejoras a los proyectos de infraestructura para reducir el número de muertes y severidad de las lesiones causadas a los usuarios de la infraestructura vial.

### ***1.5.3. Aplicaciones practicas***

Este aspecto es fundamental ya que si no se cuenta con una visión compartida del problema y no se tiene claridad acerca del papel que debe jugar cada uno de los responsables, se continuarán

realizando esfuerzos en diferentes direcciones que no darán una respuesta integral al problema. En esta medida, la investigación no se orienta a analizar todos los factores de seguridad vial, sino que centra su análisis en el factor infraestructura para el manejo de nuevo enfoque de diseño de vías seguras y evaluar las vías en servicio y/o en operación.

#### ***1.5.4. Utilidad metodológica***

Los resultados de la presente investigación aportarán elementos importantes acerca de la manera como deberá aplicar las herramientas de seguridad para los proyectos de infraestructuras viales, identificando para ello, los principales indicadores de los accidentes, así como la distribución de funciones y responsabilidades que se requieren dentro de la aplicación.

#### ***1.5.5. Valor teórico***

Los resultados del estudio constituirán un insumo de vital importancia para entender como diseñar, como evaluar y proponer recomendaciones para qué las instituciones abordan el problema de la accidentalidad de tránsito en Perú desde determinada perspectiva y cómo estas concepciones, pueden estar influyendo en las elevadas tasas de muertes y lesiones no fatales ocurridas en las vías y carreteras del país.

#### ***1.5.6. Importancia de la investigación***

El aporte de la investigación será el Manual que va hacer un documento oficial que ofrece las herramientas de gestión necesarias a las autoridades competentes y a los profesionales, los criterios y parámetros técnicos para el desarrollo de planes de seguridad vial, programas de seguridad vial, auditorias de seguridad vial e inspecciones de seguridad vial, que contribuirá a la mejora de las características de la infraestructura vial y su entorno, con el propósito de incrementar la seguridad intrínseca y la calidad de protección de las redes viales (carreteras) en beneficio de todos los usuarios de las vías.

## 1.6 Limitaciones de la investigación

- **Obstáculos teóricos, metodológicos o prácticos:** Disponibilidad y comparación de métodos predictivos.
- **Procedimientos utilizados para la obtención de los datos:** Tamaño de la muestra que conducen algunos compromisos en la modelización, como el uso de proporciones fijas de severidades de accidente observadas o variables omitidas.
- **Procesamiento de datos:** Falta de datos y modelos calibrados de predicción de accidentes, difícil comparación con las normas viales actuales para identificar problemas de seguridad.
- **Obstáculos encontrados en la ejecución de la investigación:** Fijación de límites de velocidad, necesidad de optimizar la selección de contramedidas sobre la base de sus objetivos y su aplicación oportuna, en diferentes situaciones recurrentes.

### 1.6.a. Delimitaciones de la investigación

#### 1.6.a.1. Delimitación espacial

La investigación se efectuará los 4 primeros tramos con altos índices de peligrosidad, principalmente relacionado con el factor infraestructura, seleccionadas de acuerdo con las altas tasas de accidentes en el Perú y las causas que generan impacto social y económico son generadas por los principales factores que contribuyen a los accidentes como la (infraestructura, vehículo y usuario (humano)), de acuerdo con lo indicado en el Manual de seguridad vial. Para lo cual se considera el estudio efectuado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, quien, a través de la Dirección General de Transporte Terrestre, desarrolló un estudio de identificación de los tramos viales de las carreteras de la Red Vial Nacional (Comunicaciones, 2016), en los cuales se concentran los accidentes de tránsito.

### ***1.6.a.2. Delimitación temporal el estudio comprende el período 2015-2018.***

En la presente investigación se limitará a analizar los tramos donde ya ocurrieron los accidentes y los tramos donde aún no hay accidentes pero que podría generar los accidentes: i) Tratamiento de Tramos de Concentración de Accidentes (TCAs): medidas que mitiguen la accidentalidad a corto plazo, bajo costo y gran impacto; mediano plazo y largo plazo y ii) Identificación de Tramos Potencialmente Peligrosos (TPPs) que los considera en forma proactiva con la idea de mejorar aquello que puede contribuir a los accidentes antes de que ocurran como puntos o zonas conflictivas urbana e interurbana.

### ***1.6.a.3. Delimitación temática***

El estudio está basado en la Inspección de Seguridad Vial (ISV) en carreteras en servicio y finalizará a través de recomendaciones, para la implantación de las mejoras. Por otro lado, el estudio de datos del 2013-2016 se identificaron los TCAS, en los Estudios de Inspección Vial se trabaja con datos de los tres últimos años de acuerdo lo indicado en el Manual de Seguridad Vial, por tanto, los años de estudio de la data de accidentes es del 2015 al 2018.

### ***1.6.a.4. Delimitación muestral***

La presente investigación se centra en el desarrollo de la inspección en los tramos de concentración de accidentes que presentan mayor índice de severidad, derivadas de los 71 tramos entre ellos tenemos los 4 tramos. Indicados a continuación:

- PE – 1N del km 38+000 al km 100+000 (Ancón – Rio Seco).
- PE – 1NA del KM 000+000 al 22+700 - Ancón - Chacra y Mar (serpentín de pasamayo).
- PE – 22 del km 55+000 al km 145+000 (Cocachacra – La Oroya).



- PE – 3S del km 00+000 al km 25+000 (La Oroya – Pachacayo).

## **1.7 Objetivos de la investigación**

### **- Objetivo general**

Aplicar las herramientas del Manual de Seguridad Vial, en la elaboración de Estudios de Inspección de Seguridad Vial, para reducir el número de accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

### **- Objetivos específicos**

- a. Identificar los componentes de la infraestructura vial del Manual de Seguridad Vial, que contribuyen de manera efectiva, en la reducción de siniestros viales del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.
- b. Identificar los elementos susceptibles de mejora según el Manual de Seguridad Vial, evaluar sus deficiencias y recomendar las actuaciones por prioridad en los TCAs, que contribuyen de manera efectiva, en la reducción de siniestros viales del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.
- c. Identificar los elementos susceptibles de mejora según el Manual de Seguridad Vial, evaluar sus deficiencias y recomendar las actuaciones por prioridad en los TPPs, que contribuyen de manera efectiva, en la reducción de siniestros viales del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

## **1.8 Hipótesis**

### ***1.8.1. Hipótesis general***

HG: Con la aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial y la implementación de los Estudios de Inspección de Seguridad Vial, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

### ***1.8.2. Hipótesis específicas***

- a. H1: Existe una Con la implementación de medidas de mejora según el Manual de Seguridad Vial a los componentes de la infraestructura vial, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.
- b. H2: Con la implementación de las recomendaciones según el Manual de Seguridad Vial, a los TCAs, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.
- c. H3: Con la implementación de las recomendaciones según el Manual de Seguridad Vial, a los TPPs, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

## II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 *Accidente de tránsito*

El presente trabajo de investigación relaciona las variables de la infraestructura desde el punto de diseño geométrico, la composición del pavimento, el medio ambiente su entorno, así como la interrelación, con los accidentes viales, con el objetivo de hacer las recomendaciones necesarias y que con su implementación se pueda incrementar los niveles de seguridad vial de la infraestructura. Sobre los accidentes la RAE define, como “Suceso eventual o acción que altera el orden regular de las cosas, y que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas” , quizá sea esa connotación de involuntariedad e incluso eventualidad la que lleva a muchos expertos a desterrar el término “accidente” y utilizar otros términos como “siniestros” , “incidentes”, etc., y que más allá del envoltura lingüística, lo que pretenden es remarcar que los accidentes de tráfico pueden evitarse (si se conocen las causas, se puede luchar contra ellas), y para lograr ese objetivo, la conducta humana es fundamental. En las siguientes Imágenes se muestran los accidentes ocurridos en las carreteras en estudio. Por otra parte, en el Glosario de términos – MTC (2018) se define al accidente de tránsito como cualquier hecho fortuito u ocurrencia entre uno o más vehículos en una vía pública o privada.

#### **a. Principios de la seguridad vial.**

Existen tres factores básicos de los que depende el número de personas que resultan fallecidas o lesionadas en los accidentes de tráfico (Nilson, 2002) siendo lo siguiente: exposición, tasa de accidentes y gravedad de las lesiones. Cualquier actividad humana está expuesta a un riesgo de accidente de tráfico, la intensidad o magnitud de esta actividad es la exposición. En el caso de accidente de tráfico, hablamos del número de kilómetros/persona o el tiempo de

exposición/persona. La tasa de accidentes por otra parte se define como el riesgo de accidente por cada unidad de exposición, es decir, es el indicador de la probabilidad de que ocurra un accidente, en teoría la tasa de accidentes debería ser proporcional a la probabilidad de que suceda el accidente. La probabilidad de que ocurra un accidente depende de una serie de factores de riesgo relacionados con el sistema vial (factor vía, vehículo, humano) y que su actuación en ello puede disminuir en la probabilidad de que pueda ocurrir un accidente de tránsito.

Por ello para reducir el número de accidentes niveles de lesividad y gravedad es necesario que se puedan efectuar actuaciones sobre: reduciendo el número y distancia de los desplazamientos, hacer uso de medios más seguros, se puede reducir la gravedad, si por ejemplo el vehículo cuenta con seguros pasivos y activos, la asistencia en los accidentes reduciendo el tiempo de respuesta y la atención es fundamental.

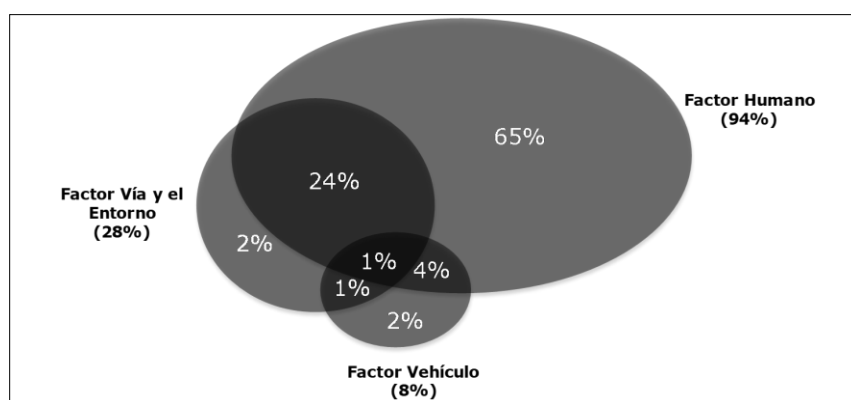
#### **b. La accidentabilidad de tránsito, factores: vehículo, vía, humano, entorno**

Una determinada colisión puede tener a dos o incluso a los tres factores como contribuyentes en mayor o menor medida. Este hecho genera dificultad al momento de asignar responsabilidad de una colisión ya que puede asignarse erróneamente a un elemento como el factor contribuyente principal cuando se desconoce la contribución de los otros elementos. Se han realizado numerosas investigaciones para ver el peso diferencial que pueda tener en la accidentalidad cada uno de los grandes componentes del sistema de tráfico. Cabe destacar el proyecto REAGIR, desarrollado en Francia durante muchos años y en el que se han estudiado a fondo miles de accidentes; los estudios llevados a cabo por el Transport Research Laboratory (TRL) en Gran Bretaña; o en Estados Unidos, los realizados por la National Highway Traffic Safety Administration o el Indiana Tri-Level Study, una investigación llevada a cabo durante más de cinco años sobre unos cinco mil accidentes de circulación de todo tipo. Esto últimos estudios

realizados en EE. UU. están considerados entre los más importantes y completos del mundo, desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo. Sus hallazgos son prácticamente coincidentes. En concreto, en el realizado por la Universidad de Indiana descubrieron que, entre los factores causantes del accidente de tráfico, el factor humano se encontraba implicado entre el 94% y 71% de los casos; los factores ambientales entre el 28% y el 12% y las causas debidas al vehículo entre el 8% y el 4,5%.”.

### Figura 14

*Los Tres Factores que Contribuyen a los Siniestros Viales*



Fuente: Manual de carreteras MC-10-17, (2017)

Por este motivo, al momento de obtener data estadística se debe tener precaución en la interpretación de esta, ya que en el Perú en la mayoría de los casos el personal policial no registrará la contribución de la vía en la ocurrencia de la colisión, salvo que esta sea muy evidente (semáforo apagado, por ejemplo). Este hecho genera que se sobreestime la contribución del usuario en la ocurrencia de colisiones. Es por este motivo que las estadísticas que se manejan a nivel nacional casi siempre muestran una contribución desproporcionadamente alta del usuario sobre aquella de la vía o vehículo.

De acuerdo con la data de accidentes donde analizan los accidentes de tránsito a nivel mundial resulta que el factor humano es el desencadenante de la gran mayoría de los accidentes,

con un estimado de participación hasta en un 90% principalmente tienen que ver con las decisiones de los conductores, donde se refleja como detonante el exceso de velocidad, la imprudencia y la distracción. Por otro lado, es importante señalar que la capacidad de cada usuario depende de la (formación, preparación física, estado psicológico, sensibilidad, etc.), en cuanto a los estados transitorios depende de la condición física y mental por ello este componente afecta directamente en la toma de decisiones (estrés, depresión, alcoholemias, distracciones, etc.). Muchos expertos indican que el factor humano es el responsable del 100% de los accidentes, con el lógico argumento de que un accidente, producido por otro factor como por ejemplo una falla en el sistema de frenos del vehículo, es causa de un mal mantenimiento mecánico, y por lo tanto culpa del responsable de este. En su conjunto, el factor humano está directamente relacionado con los siguientes factores: causas físicas, causas psíquicas, conductas interferentes, falta de respeto a las normas, estado psicofísico transitorio, alcohol, drogas, medicamentos, búsqueda intencionada de riesgos y emociones, deficiente percepción del riesgo, hábitos alimenticios y los límites de la atención.

El esfuerzo realizado por la industria automovilística ha dado lugar a que dispongamos de automóviles cada vez más sofisticados técnicamente y con unos altos niveles de seguridad. Disponemos, por ejemplo, de todo un conjunto de elementos de seguridad activa en el vehículo, que hacen que éste se comporte con seguridad cuando se desplaza, evitando la posibilidad de que se produzca un accidente, tales como: los sistemas de frenado gestionados electrónicamente, todos los elementos relacionados con adherencia del vehículo a la vía, suspensión, amortiguación, transmisión, neumáticos, control de tracción, los elementos relacionados con la visibilidad, incluyendo los sistemas de luces y alumbrado, alerta de abandono de carril, aviso de estado somnoliento, alcohol, etc. Además, los vehículos actuales están equipados con otro conjunto de elementos denominados de seguridad pasiva, como el cinturón de seguridad, sistemas de absorción

de impactos, los sistemas de retención infantil, el airbag, las barras de protección lateral, etc., diseñados para aminorar las consecuencias en las personas y otros vehículos tras producirse el siniestro.

Actualmente existen diversos estudios enfocados en plantear propuesta de mejora al diseño geométrico tradicional, con el objetivo de que la infraestructura vial sea indulgente ante el error humano y se elimine los desplazamientos peligrosos. Los efectos de la mejora al diseño de los componentes de la infraestructura vial en el diseño como las curvas horizontales y verticales, anchura del carril, anchura de la berma, pendientes pronunciadas, anchura del separador central, radio de curva, distancia de visibilidad, etc. Con estas mejoras se pretende comprender la relación entre el diseño geométrico de los componentes y tasas de accidentes. Porque hasta la actualidad existe poca información disponible sobre las relaciones entre los elementos de diseño geométrico y las tasas de accidentes. Aunque se ha demostrado claramente que los componentes geométricos muy restrictivos como la distancia de visibilidad en una curva horizontal aguda resulta en un índice de accidentes considerablemente más alto y que por lo general causan un problema de accidente y su gravedad es severo.

Por ello, la evaluación de las características geométricas de la vía y su entorno (consiste en la evaluación del perfil horizontal, vertical y su relación, sección transversal, márgenes de la vía así como puntos singulares); en la evaluación del pavimento y de la superficie de rodadura (consistirá en la evaluación del estado, superficie así como de la uniformidad y perfil del pavimento) y en cuanto a las características climáticas (consistirá en la evaluación de la data de las precipitaciones, de la lluvia, niebla, neblina, hielo y viento), estas evaluaciones se realizan de un análisis estratégico comparativo, con el fin de determinar la repercusión en la seguridad vial de una carretera en servicio que se encuentra en conservación.

### ***2.1.2 Dimensiones de la seguridad vial***

Actualmente la ingeniería en el trazo de la infraestructura debe considerar a la seguridad vial como uno de los objetivos más importantes. Para lo cual diferentes instituciones a nivel mundial han desarrollado documentos técnicos normativos donde plasman las recomendaciones necesarias a tener en cuenta para la elaboración del estudio, la ejecución y en el mantenimiento. Así mismo muchos autores han diseñado y dimensionado las diferentes formas de medir el grado de cumplimiento de la seguridad vial siendo uno de ellos (García, 2011) quien formulo las cuatro posibles dimensiones.

**Seguridad nominal.** Evalúa el grado de cumplimiento a los criterios técnicos establecidos en las normas y/o documentos técnicos de diseño de infraestructuras seguras, considerando además de ello el entorno y su interacción con el factor climático, la economía, etc. En estas guías se recogen una serie de parámetros, que actúan como umbrales, definiendo lo que es válido desde el punto de vista del diseño de lo que no lo es. El valor de estos umbrales considera no sólo la seguridad, sino también otros objetivos del diseño, como la economía, la integración ambiental, etc. Por tanto, el cumplimiento de la seguridad en su dimensión nominal no implica necesariamente que el diseño resultante sea seguro.

**Seguridad legal.** Forma parte de la seguridad nominal, esta seguridad legal involucra principalmente al conductor como responsable de los accidentes viales debido a las debilidades de la infraestructura. **Seguridad sustantiva.** Abarca principalmente a la accidentalidad y/o siniestralidad, desarrollando el número de accidentes y su índice de gravedad, desarrollando para ello la estimación de impacto de la infraestructura, incluyendo sus actuaciones de mejora, para lo cual emplean diferentes metodologías para la calibración. Con ello se puede determinar el grado de iteración que tiene la infraestructura sobre los siniestros viales. **Seguridad real.** Principalmente



se trata sobre los siniestros ocurridos en la red vial existente, y en función a ello su análisis va enfocado a determinar la causa de los accidentes y las propuestas de recomendaciones de actuación. Con la aplicación de la seguridad sustantiva, apoyada en la seguridad real, puede permitir trascender la seguridad nominal y abordar un dominio más amplio del diseño de carreteras, que incorpore los nuevos conceptos de flexibilidad y adaptación al entorno. Para lo cual es importante seleccionar las medidas funcionales, comparar alternativas, priorizar proyectos, cuantificando y previendo el comportamiento frente a la seguridad vial de los diferentes elementos de la carretera (García, 2006).

### ***2.1.3 Conceptos de velocidad***

De acuerdo con las normas técnicas y/o manuales de diseño geométrico de carreteras, la velocidad de diseño es uno de los factores más importantes del diseño. Históricamente el criterio clásico ha sido seleccionar y aplicar la velocidad de diseño, tal y como fue definida y adoptada en Estados Unidos en 1936 (Barnett, 1936). La definición de velocidad de diseño responde principalmente al tipo de vía, la orografía, con ello se establece las características mínimas para algunos parámetros básicos del diseño, como el radio mínimo de las curvas y las distancias de visibilidad necesarias. Sin embargo, estas velocidades difieren de las velocidades de operación ya que los conductores no circulan a una velocidad uniforme a lo largo de un trazado, sino que la varían en función de las condiciones existentes, principalmente las de tipo geométrico. Ello tiene una gran relevancia debido a que generan problemas en la operación de la vía y consecuencia de ello son los resultados de los altos índices de accidentalidad, principalmente en el Perú.

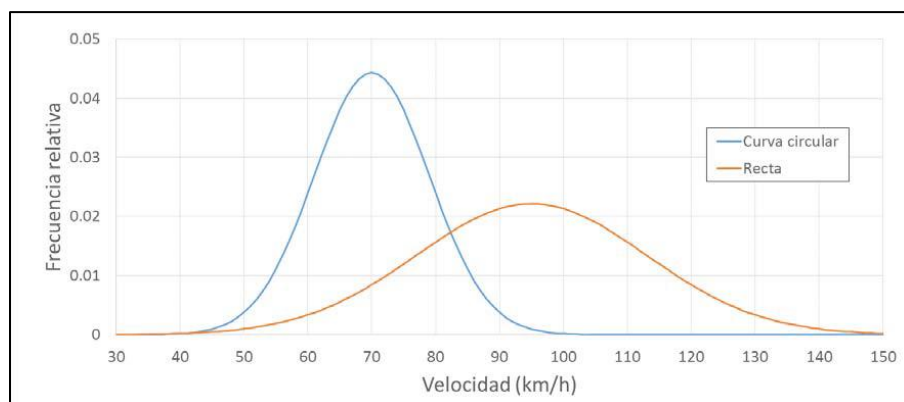
Asimismo, la definición de velocidad de diseño dos términos distintos 1) velocidad de diseño designada y 2) velocidad de diseño inferida (Donnell et al. 2009), siendo la velocidad de diseño designada es aquella definida por el ingeniero para el establecimiento de los valores

mínimos del diseño geométrico, tales como los radios de las curvas o las distancias de visibilidad. La velocidad de diseño inferida se aplica únicamente a características y elementos geométricos de carreteras en servicio, que fueron determinados a partir de criterios basados en la velocidad de diseño (designada). Además, a la velocidad de operación, se define como la velocidad a la que operan los vehículos ligeros en condiciones de flujo libre y sin restricciones ambientales, posiblemente se llega a operar a velocidad distinta a la de diseño por desconocimiento a la velocidad de diseño del tramo.

Estas velocidades varían en función de un gran número de parámetros, algunos en función de la carretera y su entorno, y otros en función de aspectos sociológicos. Así pues, la velocidad de operación presenta variación tanto longitudinal (evolución a lo largo del trazado) como en cada punto (dispersión entre diferentes conductores y diferentes condiciones). Por lo tanto, no debe entenderse la velocidad de operación como un valor único, sino como una distribución de velocidades.

### Figura 15

*Densidad para las distribuciones de velocidad de operación típicas para recta y curva.*



Fuente: Manual de Carreteras MC-02-18, (2018)

Cabe indicar que, por lo general las velocidades de operación en rectas suelen presentar un mayor valor medio y una mayor dispersión que en las curvas. Por otro lado, es importante

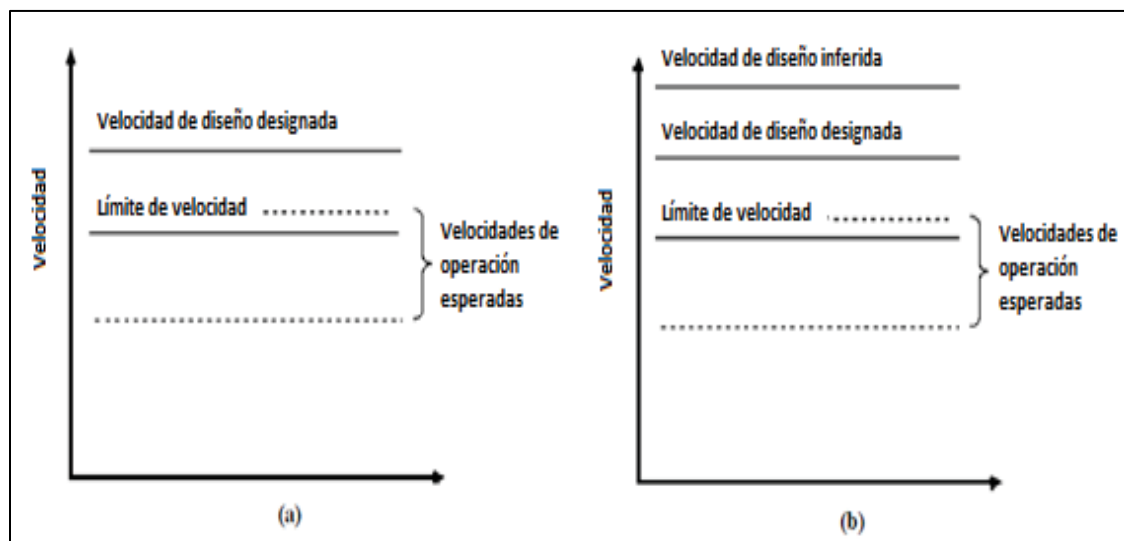
mencionar que, aun definida la velocidad de operación, dicha definición no es operativa, puesto que no ofrece un valor cuantificable. Por ello, se considera la velocidad de operación como el percentil 85 de la distribución de velocidades a la que operan los vehículos ligeros en condiciones de circulación libre y sin restricciones ambientales. El uso de este parámetro es debido a que se considera que la gran mayoría de usuarios de la vía conducen en condiciones de comodidad y seguridad y el 15% restante se corresponde a perfiles de conducción más agresivos. Por ello, puede entenderse que el conductor correspondiente al percentil 85 de la velocidad puede caracterizar un comportamiento cómodo y prudente (Donnell et al. 2009). Además de las velocidades de diseño y operación, hay otros conceptos de velocidad que deben tenerse en cuenta a la hora de evaluar la operación del tráfico en las carreteras. Estos conceptos son:

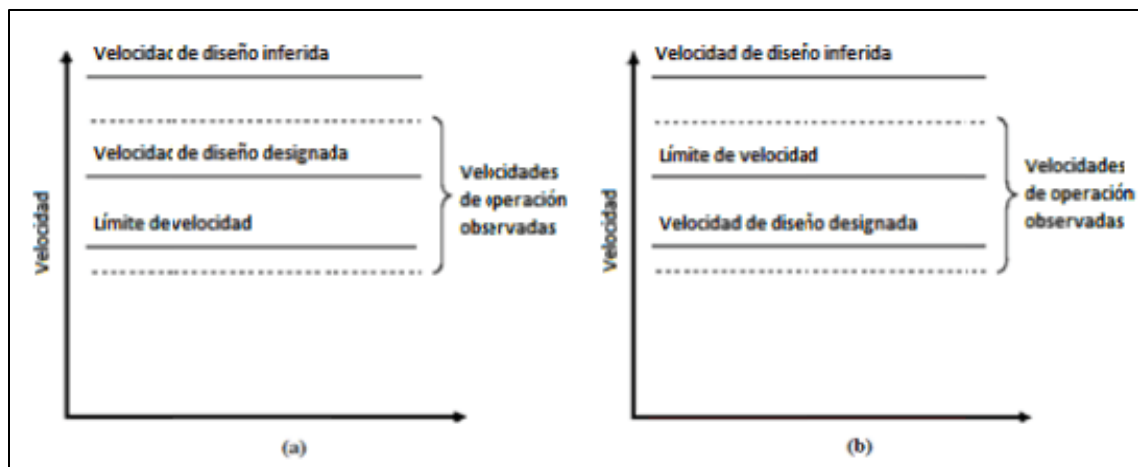
- **Velocidad de diseño:**
  - Velocidad de diseño designada, equivalente a la velocidad de proyecto.
  - Velocidad de diseño inferida, equivalente a la velocidad específica.
- **Velocidad límite:**
  - Límite genérico de velocidad.
  - Límite específico de velocidad.
- **Velocidad recomendada, distribución de la velocidad:**
  - Percentil 85 de la velocidad. Velocidad de operación (V85).
  - Velocidad media.
  - Percentil 50 de la velocidad.
  - Percentil 15 de la velocidad.
  - Desviación estándar.

Por tanto, las relaciones de velocidades son definidas por (Donnell et al. 2009b), como la necesidad de existencia de la armonía de velocidades para lo cual la velocidad de diseño designada se debe encontrar en un rango específico (por ejemplo,  $\pm 8$  km/h) de la velocidad de operación observada; y la velocidad de operación se encuentra dentro de un rango específico (por ejemplo,  $\pm 8$  km/h) de la velocidad límite. La velocidad de diseño inferida debe ser igual o mayor que la velocidad de diseño designada, mientras que la velocidad límite debe ser menor o igual que la velocidad de diseño designada. En la Figura 16 se considera la relación ideal entre los diferentes conceptos de velocidad y se muestra una interpretación de cómo esta relación ideal se aplica mediante un diseño operacional. En dicho esquema, la velocidad de diseño inferida lo es para cada elemento geométrico (equivalente a la velocidad específica), mientras que la velocidad de diseño designada lo es para el tramo completo.

**Figura 16**

*Relaciones de velocidad consideradas en el proceso de diseño: (a) ideal y (b) típica.*



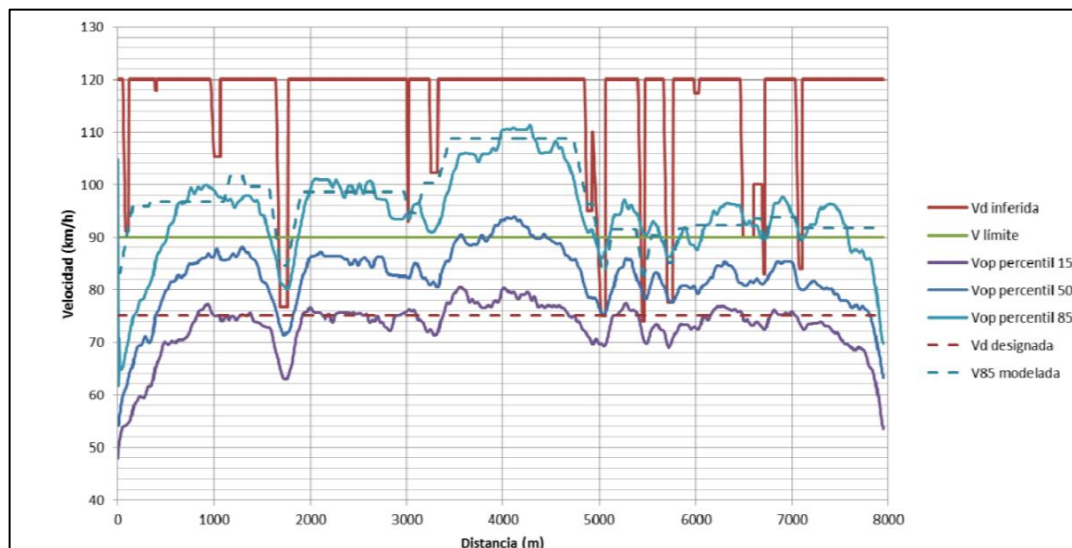


Fuente: Donnell et al. 2009b.

Por otro lado, cuando una carretera se abre al tráfico, las velocidades de operación reales pueden ser mayores que las esperadas, como se muestra en la Figura 17.

### Figura 17

Velocidades de operación



Fuente: Wooldridge et al. 2003

A ello, el límite de velocidad se modifica para reflejar adecuadamente las velocidades de operación reales, la relación entre velocidad de diseño y velocidad límite se altera completamente.

#### ***2.1.4 Estudio de la consistencia al diseño geométrico***

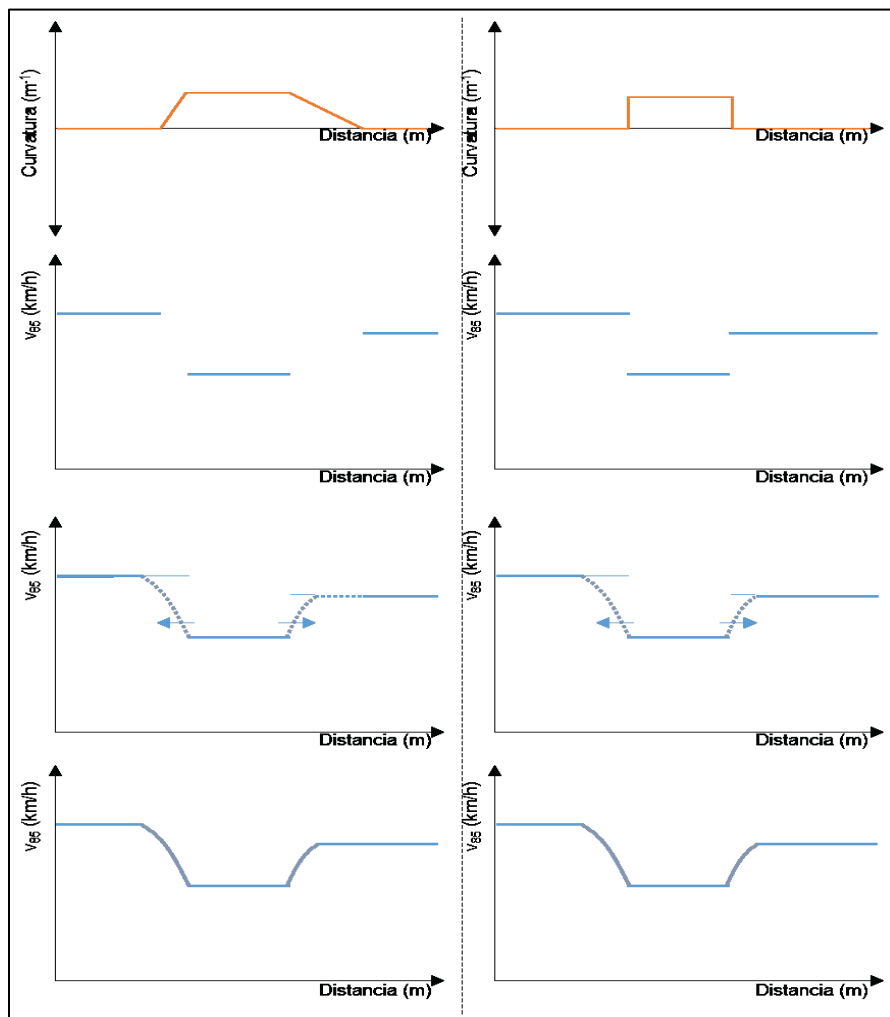
La consistencia del diseño geométrico obedece al desarrollo de un trazo indulgente al error humano, ofreciendo a los conductores un lenguaje sencillo y claro además de permitirles predecir con anticipación y en el menor tiempo posible. Además, debe ser concordante con la señalización, el clima y cubrir la necesidad de los usuarios. Brindando adecuadas velocidades. Por tanto, se define consistencia del diseño geométrico al grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento que permite la vía (Wooldridge et al. 2003), por ello se debe cuidar a que estos dos aspectos concuerden, a fin de que el usuario pueda mantener su carga de trabajo medida y controlada, sin variaciones bruscas, y con ello se garantiza que no exista problemas y en caso de que ellos no coordinen, ocurrirá un repentino cambio comportamiento, que no se adapte a las expectativas, aumentando la carga de trabajo. En función del grado de discordancia y por tanto existe mayor probabilidad de sufrir accidentes de tránsito.

Las metodologías para estimar la consistencia de la vía, por lo general se basan en el análisis de la velocidad de operación. Con dicha evaluación de la consistencia se califica si la consistencia de la carretera es buena, aceptable o pobre, hasta se puede calcular los números de accidentes que pudiera producirse. Por otro lado, en caso de que un trazo de carretera sea evaluado como pobre o aceptable, se deberá replantearse su diseño. Así como, en carreteras en servicio, la evaluación de su consistencia permite identificar los Tramos Potencialmente Peligrosos y proponer actuaciones relacionados con las mejoras puntuales a los componentes de la infraestructura vial. Adicionalmente a la evaluación de la velocidad de operación, existen investigaciones relacionadas con la consistencia y sus modelos se centran en cuatro ámbitos principalmente: la velocidad de operación y sus variaciones, la estabilidad del vehículo, los índices de trazo y la carga de trabajo

del conductor. Entre ellos, los criterios más extendidos están basados en el análisis de la velocidad de operación (Gibreel et al. 1999).

### Figura 18

*Reglas de construcción del perfil l de velocidad de operación*



Fuente: Gibreel et al. 1999

Por lo general los resultados de la evaluación de la consistencia son discretos, no continuo, en función de umbrales. Con ello se demuestra los tipos de actuación y el tiempo. Es por lo que otros investigadores sugieren emplear funciones continuas para determinar el grado de consistencia (Hassan, 2004). Este es el caso de los trabajos realizados por Polus & Mattar-Habib (2004) y Camacho-Torregrosa et al. (2013), en los denominados criterios globales. En ambas

aproximaciones se considera de forma completa el perfil de velocidad de operación de un tramo de carretera, reflejando en cierta medida su dispersión.

### a) Criterios I y II de Lamm

El método de evaluación que se aplican a las vías en servicio ha sido desarrollado por Lamm et al. (2000). Quien establece dos criterios relacionados con la velocidad de operación, que incluían la diferencia entre la velocidad de operación de cada elemento geométrico y la de diseño (Criterio I) y la diferencia de velocidad de operación entre elementos geométricos consecutivos (Criterio II). La tabla siguiente presenta un resumen de los umbrales de consistencia para los criterios I y II. Se caracteriza principalmente por la facilidad en el uso, ya que se obtiene directamente a partir del perfil de velocidad de operación. El Criterio II es más usado, ya que interacción con la siniestralidad es precisa y relaciona al conductor a predecir su comportamiento en función al tramo donde necesidad efectuar las actuaciones de mejora. En cambio, el Criterio I requiere el paso adicional de inferir la velocidad de diseño, lo cual en ocasiones puede ser muy inexacto y complejo. Por otra parte, las consecuencias sobre el diseño no son tan evidentes como en el Criterio II, acercándose más a los criterios globales. A partir de datos de siniestralidad se establecen los siguientes umbrales para la clasificación de la consistencia:

**Tabla 6**

*Umbrales para la determinación de la consistencia del diseño.*

Nivel de Consistencia	Criterio I (KM/H)	Criterio II (KM/H)
Buena	$ v_{85}-v_d  \leq 10$	$ v_{85i}-v_{85i+1}  \leq 10$
Aceptable	$10 <  v_{85}-v_d  \leq 20$	$10 <  v_{85i}-v_{d i+1}  \leq 20$
Pobre	$ v_{85}-v_d  > 20$	$ v_{85 i}-v_{d i+1}  > 20$

Fuente: Criterios I y II de Lamm et al. (2000).



### b) Índice de Consistencia Inercial (ICI)

El Criterio II de Lamm compara las velocidades de operación de un elemento geométrico y del inmediatamente anterior, asumiendo implícitamente que las expectativas ad hoc de los conductores se forman exclusivamente con dicho elemento anterior. Pese a la sencillez de la formulación, esto no es cierto en la realidad, puesto que los conductores basan sus expectativas en un tramo de vía muy superior a lo establecido en el diseño geométrico de la carretera.

Con el objetivo de atenuar dicho déficit, García et al. (2013), propusieron un método basado en la velocidad de operación inercial. El cual se calcula como la media móvil de la velocidad de operación en los 1000.00 m anteriores a cada punto. Es, por tanto, una forma más precisa de considerar las expectativas ad hoc de los conductores. Ahora bien, se denomina Índice de Consistencia Inercial (ICI) a la diferencia entre la velocidad de operación inercial y la velocidad de operación, calculada para cada punto de la vía y para cada uno de sus sentidos. Los puntos críticos, donde se producen los mayores valores del ICI, se desarrollan al término de la transición y accesos a las curvas circulares. Los umbrales propuestos, tras correlacionar los valores de ICI con la siniestralidad en una muestra amplia de curvas, son los mismos que los propuestos por Lamm para sus criterios I y II, como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Umbrales de consistencia para el ICI*

Buena	Aceptable	Pobre
$V_{85 \text{ inercial}} - V_{85} \leq 10 \text{ km/h}$	$10 < V_{85 \text{ inercial}} - V_{85} \leq 20 \text{ km/h}$	$V_{85 \text{ inercial}} - V_{85} > 20 \text{ km/h}$

Fuente: Lamm et al. (2000).

#### 2.1.5 Evaluación de la seguridad de carreteras en servicio

La evaluación de la vía en servicio se basa principalmente en el análisis de su consistencia, tanto global como local. Donde la geometría viene impuesta por la realidad, por ello es

fundamental contar con el levantamiento topográfico ya que con ello se inicia la evaluación. Una vez contando con el dato topográfico se desarrolla la restitución geométrica, para lo cual se tramifica a la vía, a fin de obtener las velocidades de operación y mediante un software se determinan la consistencia, así como se puede estimar del número de accidentes con víctimas que han sido presentados anteriormente. Asimismo, en función a problema identificado y necesidades se efectúan las recomendaciones de mejora a los componentes de la infraestructura vial. Las mediciones de velocidad de operación efectuadas en campo y de componente en componente proporcionan datos reales en función al comportamiento de los conductores, y su relación del trazo con la visibilidad, perfil longitudinal hasta incluso la rugosidad del pavimento.

A fin de ir relacionando la velocidad con otros indicadores de interés que puedan haber sido causa de los accidentes de tránsito. Para lo cual generalmente se usan equipos GPS, si se desean perfiles continuos, o la toma de datos puntuales de velocidad de operación en tramos de rectas suficientemente largas para completar la velocidad deseada en la. Todos estos aspectos, así como otras particularidades referentes al proceso de toma de datos para estudios de velocidad de operación en carreteras fueron recogidos por Pérez et al. (2013a). Otra ventaja que tienen las carreteras existentes es que existe la posibilidad de que haya un registro de accidentes y de aforos. Contar con estos datos puede ser muy útil a la hora de distinguir el tipo de accidentes que se dan en la carretera, así como su comparación con las estimaciones realizadas.

#### **a) Restitución geométrica de carreteras**

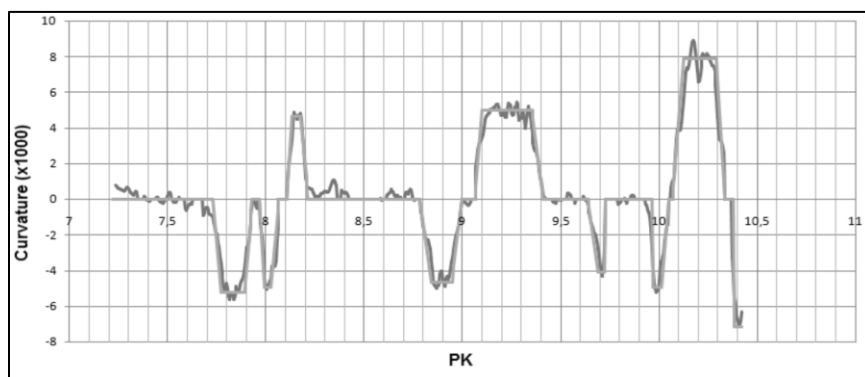
El proceso de restitución geométrica consta de dos partes: la restitución de las coordenadas del eje que compone la vía, y la extracción de los elementos geométricos que lo componen. Para la restitución del eje de la vía existen diferentes alternativas, desde el llenado de forma directa los datos a partir de una fotografía aérea, hasta procedimientos más costosos como el levantamiento topográfico o mediante LIDAR. Existen otros procedimientos, como el desarrollado por EASA et

al. (2007) y Dong et al. (2007), basados en la edición de imágenes de satélite y la obtención automática del eje de la vía. Por otra parte, Pérez et al. (2010) utilizaron dispositivos GPS emplazados en varios vehículos para, posteriormente, obtener directamente las coordenadas de la línea media recorrida por los vehículos. Cabe indicar que como se usan equipos con factores de error, los procedimientos también poseerán ese error, lo cual se tendrá que efectuar un ajuste en gabinete.

Asimismo, cabe indicar que existe diferentes procedimientos de ajuste de la geometría a partir de un listado de puntos, basándose la mayoría de ellos en el análisis de la curvatura local. Este tipo de procedimientos conlleva un gran error, debido a la naturaleza de la curvatura. Por ello, son frecuentes los algoritmos de suavizado y procesado de la curvatura, previamente a su determinación final. Un procedimiento muy usual es la utilización de splines cúbicos (Ben-Arieh et al. (2004), Castro et al. (2006), entre otros). Existen otros procedimientos analíticos para geometrías sencillas, como presentaron Easa et al. (2007). Camacho-Torregrosa et al. (2010) presentaron un método de restitución Torregrosa et al. (2010). geométrica basado en el análisis de la curvatura a partir de datos proporcionados por diferentes recorridos por un mismo tramo de vehículos equipados con dispositivos GPS.

### Figura 19

*Restitución según el método de Camacho*



Fuente: Perez et al. (2010)

Este método permite, por una parte, condensar diversas trayectorias en una única, que será la restituida. Por otra parte, la restitución geométrica se basa en cuatro etapas de refinamiento de los datos, lo que da lugar a diagramas de curvaturas mucho más legibles. Posteriormente, mediante técnicas de regresión es posible ajustar los diferentes elementos geométricos.

### **b) Adaptación al rediseño de carreteras**

La adaptación al rediseño implica en el uso de metodologías para el rediseño de carreteras, una vez se ha determinado el problema y necesidad. La primera gran diferencia respecto de la metodología general presentada es que no se parte de una velocidad de diseño, sino que esta se infiere a partir de su geometría. Así pues, el primer paso a realizar consiste en determinar las características geométricas de la carretera a rediseñar. Estas características pueden obtenerse, o bien a partir del proyecto correspondiente, o a través de una restitución geométrica. A partir de las mismas se determinan los controles geométricos más restrictivos, conduciendo a la velocidad de diseño inferida. Con ello es fundamental evaluar la consistencia del tramo existente, a fin de estimar los perfiles de velocidad de operación para cada sentido y, posteriormente, se determinará la consistencia, que arrojará presumiblemente un valor negativo. Así pues, se procederá a la tramificación de la vía. En el caso de que la carretera esté conformada exclusivamente por un tramo, ya sí se procederá a replantearse en primer lugar su velocidad de diseño (esta vez, velocidad de diseño designada), y se rediseñará hasta alcanzar valores adecuados de consistencia.

### **c) Estudio de velocidad, visibilidad y consistencia en vías en servicio**

Para la presente investigación se desarrollaron los estudios en campo y gabinetes de acuerdo con el siguiente detalle:

- Se detallaron los trabajos en campo, para la toma de datos de velocidades, definiendo los equipos, los períodos de medición, la forma en la que registrar los datos, etc.

- De esta forma, se disponen puntos de toma de la velocidad de circulación en cada uno de los tramos homogéneos, coincidiendo con los puntos de aforo. Si en algún TCA y/o TPP se lleva a cabo ningún aforo, se dispone un equipo para la toma de las velocidades en los puntos de ese TCA y/o TPP.
- La toma de datos de velocidades se efectúa con radares con el cual apunta al vehículo registrado, anotando en un formato (toma de datos) en el cual apunta la velocidad del vehículo por tipología durante un periodo de 16 horas continuas en ambos sentidos de circulación de la vía y durante 2 días, un día de la semana y un fin de semana.
- Se verifico que, las medidas tomadas para conocer la velocidad en campo sean representativas y aleatorias del flujo libre del tránsito del tramo, para ello se tuvo en cuenta una serie de factores, por lo que se recomienda el siguiente procedimiento para la correcta obtención de los valores:
  - Dado que los vehículos suelen circular en función de la velocidad del primero que circula cuando van en columna, tomar la velocidad del primero del pelotón, ya que éste marca la velocidad del grupo.
  - En función del porcentaje observado de vehículos pesado, tomar una proporción similar de datos en vehículos pesados para que se aproxime la velocidad medida a la velocidad real.
  - No se debe tomar cada uno de los vehículos que se observa que circulan a velocidades superiores a la media, hay que evitar tomar solo a estos vehículos.

Por otro lado, en el caso de que el flujo de vehículos sea superior a los que el personal es capaz de analizar, se emplearán métodos de muestreo para obtener el valor medio. Se aconseja

tomar valores de la velocidad cada segundo, tercero o enésimo vehículo. Tomando las precauciones necesarias ya que la velocidad del enésimo vehículo puede estar controlada por efectos ajenos a la circulación libre, como las columnas de vehículos formadas a causa de la existencia de un sistema coordinado por semáforos. En el estudio de visibilidad se establece el marco teórico del estudio de visibilidades, definiendo los conceptos que se van a utilizar como la distancia de visibilidad. De igual manera se definen los conceptos de visibilidad de parada y de adelantamiento en función de la velocidad máxima permitida en la carretera.

- Distancia de visibilidad: longitud continúa hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diferentes maniobras.
- Visibilidad de parada: es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.
- Visibilidad de adelantamiento: es la distancia mínima que debe estar disponible a fin de facultar al conductor de un vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Esta visibilidad sólo debe considerarse en carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones.

### ***2.1.6 Dispositivos de control del tránsito***

Se denominan dispositivos de control del tránsito, a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se instalan sobre o adyacente a las calles y carreteras por la autoridad competente de la gestión de la vía y su función principal es brindar un mensaje a los usuarios de la vía, a fin de que puedan prevenir, regular y guiar. Los dispositivos de control indican

a los usuarios, las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de las calles o carreteras y se clasifican:

**a) Señales verticales**

Reglamentarias: Su diseño y forma deben ser de acuerdo con lo indicado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras del MTC (última actualización). Los mensajes y símbolos deben contener tinta de serigrafía compatible con la lámina reflectiva y recomendada por el fabricante de esta, en caso de utilizarse vinil para los símbolos y/o mensajes, éstos deberán ser también compatibles con la lámina reflectiva, los cuales deben cumplir con normas como la ASTM. Asimismo, las señales deben cumplir con los coeficientes de reflectividad indicados en la tabla del numeral 8 para los colores correspondientes de la señal.

Preventivas y chevrones: Su diseño y forma se encuentran establecidos en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras del MTC, donde indica que el fondo de la señal debe ser de color amarillo, amarillo fluorescente y amarillo verde fluorescente o amarillo limón fluorescente según corresponda, los mensajes y símbolos deben hacerse usando tinta serigráfica compatible con la lámina reflectiva y recomendada por el fabricante de esta, para garantizar una duración uniforme de la vida de la señal.

Preventivas (para Zona Escolar): En el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras del MTC se describe el diseño y forma, así como se indica el color del fondo de la señal siendo entre ellas amarillo limón fluorescente, los mensajes y símbolos deben hacerse usando tinta serigráfica compatible con la lámina reflectiva y recomendada por el fabricante de esta, para garantizar una duración uniforme de la vida de la señal.

Informativas: Su diseño y forma deben ser de acuerdo con lo indicado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras del MTC. El fondo de la señal es de

color azul o verde según corresponda, los mensajes y símbolos pueden hacerse utilizando lámina para electrocorte y/o vinil fundido opaco negro, la lámina reflectiva debe cumplir con los coeficientes de reflectividad indicados en la tabla del Numeral 2.a para los siguientes colores: azul o verde y blanco.

Lámina Retroreflectiva: El tipo XI de acuerdo con los requerimientos de la norma ASTM D4956; tiene como mínimo los coeficientes de retroreflectividad indicados en la tabla adjunta y medidos en  $\text{cd.lux}^{-1}.\text{m}^{-2}$  según el color correspondiente a la construcción de la señal y medido con ángulo de observación de  $0.2^\circ$  y ángulo de entrada  $-4^\circ$ .



**Tabla 8**

*Lámina reflectiva Tipo XI con ángulo de observación de 0.2° y ángulo de entrada -4°*

LÁMINA REFLECTIVA TIPO XI											
Ángulo de Observación	Ángulo de Entrada	Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón	Amarillo Limón Fluorescente	Amarillo Fluorescente	Naranja Fluorescente
0.2°	- 4°	580	435	200	58	87	26	17	460	350	175

Fuente: Manual de carreteras MC-09-16, (2016).

Además, debe ser resistente a las condiciones atmosféricas, cambio de clima y temperatura y debe estar constituido por los siguientes elementos: película protectora del adhesivo, microprismas, resistencia a la intemperie (resistente a las condiciones atmosféricas y cambios de clima y temperatura [Tipo XI (2200 horas)], resistencia a la niebla salina. Está formado por dos películas de aluminio adheridas por procesos industriales a un alma de Polietileno de alta densidad (HDPE); plano y completamente liso, libre de fisuras, perforaciones, intrusiones extrañas, arrugas y curvatura que afecten su rendimiento, alteren sus dimensiones o afecte su nivel de servicio. Las tablas de la norma ASTM D 4956 adoptada por el Manual de Carreteras EG 2013, muestra respectivamente los coeficientes de retroreflexión de las láminas tipo IX y tipo XI. Se demuestra claramente que las láminas tipo XI son en promedio 27% más eficientes que las láminas tipo IX. Como ejemplo, en el ángulo de observación  $0.2^\circ$  y ángulo de entrada  $-4^\circ$  una lámina tipo IX tiene un coeficiente de retro reflexión de  $380 \text{ cd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , entre tanto una lámina tipo XI  $580 \text{ cd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

**Tabla 9***Coeficiente mínimo de retro reflexión de las láminas tipo XI*

<b>COEFICIENTES DE RETROREFLECTIVIDAD LÁMINAS REFLECTIVAS TIPO XI</b>											
<b>Ángulo de Observación</b>	<b>Ángulo de Entrada</b>	<b>Blanco</b>	<b>Amarillo</b>	<b>Naranja</b>	<b>Rojo</b>	<b>Verde</b>	<b>Azul</b>	<b>Marrón</b>	<b>Amarillo verde</b>	<b>Amarillo</b>	<b>Naranja</b>
			<b>o</b>				<b>l</b>		<b>Fluorescente</b>	<b>Fluorescente</b>	<b>Fluorescente</b>
									<b>e</b>	<b>ente</b>	<b>ente</b>
0,1°	-4°	830	620	290	125	83	37	25	660	500	250
0,1°	+30°	325	245	115	50	33	15	10	260	200	100
0,2°	-4°	580	435	200	87	58	26	17	460	350	175
0,2°	+30°	220	165	77	33	22	10	7,0	180	130	66
0,5°	-4°	420	315	150	63	42	19	13	340	250	125
0,5°	+30°	150	110	53	23	15	7,0	5,0	120	90	45
1,0°	-4°	120	90	42	18	12	5,0	4,0	96	72	36
1,0°	+30°	45	34	16	7,0	5,0	2,0	1,0	36	27	14

Fuente: Manual de carreteras MC-09-16, (2016).

Para los colores verde y azul, las láminas tipo XI tiene una mayor eficiencia, que las láminas tipo IX y están especificadas para señales de color nacional que se emplean en señales turísticas a nivel y elevadas. Las láminas tipo IX típicamente están construidas con tecnología prismática de esquina de cubo truncada, la misma con la que se construye las láminas tipo IV, especificación mínima exigida por el Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial para señales ubicadas a la derecha. Las láminas tipo XI aportan mayor luz al conductor de un vehículo automóvil que las láminas tipo IX y es más eficiente que todas las láminas reflectivas disponibles especialmente partir de una distancia de 180 m (600 pies) distancia desde la cual se inicia el proceso de adquisición de información de la señal. Al tener mayor luz el conductor podrá leer la señal de forma anticipada.

#### **b) Señales horizontales**

La demarcación está constituida por las líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Las marcas en el pavimento desempeñan funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de control de tránsito. En algunos casos, se usan como complemento de las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como señales verticales 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 comprensibles.

Las limitaciones sedan generalmente por la escasa visibilidad en pavimentos húmedos y el rápido desgaste que sufren las superficies expuestas a un tránsito intenso constituyendo las principales limitaciones de las marcas en el pavimento. Sin embargo, cuentan a su favor con la importante ventaja de que, en circunstancias favorables, aumentan considerablemente la seguridad

de los automovilistas puesto que les indican regulaciones y advertencias sin que por ello aparten su atención de la carretera. Entre otras limitaciones se encuentra que se perciben a menor distancia que las señales verticales, su visibilidad puede verse significativamente reducida por la presencia de agua.

**c) Medidas de bajo costo para la mejora de la seguridad vial para las vías no urbanas (carreteras).**

La principal función del balizamiento es la de captar la atención del conductor de manera que pueda percibir las características de la carretera con la antelación suficiente para poder realizar las maniobras necesarias. Con la utilización de los elementos de balizamiento se pretende que en todo momento y bajo cualquier condición meteorológica:

- Quede delimitada la calzada o plataforma de la carretera (empleando captafaros horizontales o de barrera, hitos de arista o delineadores lineales).
- Sea advertida la presencia de determinadas curvas (paneles direccionales y/o vialetas), convergencias y confluencias o divergencias y bifurcaciones (balizas H-75, hitos de vértice, tachas, etc.).
- Entradas a puentes, túneles, estrechamientos o secciones estrictas (tachas y paneles verticales), intersecciones y otras zonas singulares.
- Los sistemas de balizamiento tienen como objeto el refuerzo de la percepción de determinadas características de la vía.

Estos sistemas se implantan para que los conductores puedan percibir con anticipación la presencia de los siguientes elementos y en donde es necesario que se logre una velocidad reducida: curvas, elementos fijos (rígidos), segregaciones de carriles, angostamientos. También pueden considerarse elementos de balizamiento las mangas de viento y los dispositivos de barrera que

prohíben el paso a la parte de la vía que delimitan (barreras móviles, conos, etc.). Los sistemas de balizamiento tienen como objetivo el guiado visual de los conductores, sirviendo de ayuda a la percepción de las características de los elementos de la carretera, así como estos sistemas se instalan para que los conductores puedan percibir con suficiente anticipación la geometría de la vía y adaptar su velocidad a esta para circular de forma segura.

**Tabla 10**

*Medidas de seguridad vial de bajo costo en España*

Nº	Medidas	Costo/beneficio	Amortización (meses)
1	Hitos de arista	24.95	0.5
2	Hitos de vértice	12.91	0.9
3	Captafaros retrorreflectantes	11.13	1.0
4	Paneles de curva y Barreras de seguridad	8.62	1.4
5	Paneles de curva	5.76	2.1
6	Mejoras de señalización y paneles de tráfico	5.11	2.4
7	Eliminación de bolsas de agua sobre el pavimento	4.47	2.7
8	Reductores de velocidad	4.43	2.7
9	Marcas viales con resalto	4.15	2.9
10	Mejoras en señalización	3.38	3.1
11	Barreras de seguridad	3.87	3.1
12	Hitos de vértice y barreras de seguridad	3.81	3.1
13	Prolongación de carriles para vehículos lentos	2.95	4.1

Fuente: Nofuentes J. (1996).

**Figura 20**

*Medidas baratas para reducir los siniestros*



*Fuente: Mafre, (2007).*

Los sistemas de balizamiento tienen como objeto el refuerzo de la percepción de determinadas características de la vía. Estos sistemas se implantan para que los conductores puedan percibir con anticipación la presencia de los siguientes elementos y en donde es necesario que se logre una velocidad reducida. Curvas elementos fijos (rígidos) segregaciones de carriles angostamientos. También pueden considerarse elementos de balizamiento las mangas de viento y los dispositivos de barrera que prohíben el paso a la parte de la vía que delimitan.

La principal función del balizamiento es la de captar la atención del conductor de manera que pueda percibir las características de la carretera con la antelación suficiente para poder realizar las maniobras necesarias. Con la utilización de los elementos de balizamiento se pretende que en todo momento y bajo cualquier condición meteorológica: Quede delimitada la calzada o plataforma de la carretera (empleando captafaros horizontales o de barrera, hitos de arista o delineadores lineales), se advertida la presencia de determinadas curvas (paneles direccionales y/o vialetas), convergencias y confluencias o divergencias y bifurcaciones (balizas H-75, hitos de

vértice, vialetas, etc.), entradas a puentes, túneles, estrechamientos o secciones estrictas (vialetas y paneles verticales), intersecciones y otras zonas singulares.

Se debe incluir un balizamiento cuando por la existencia de un trazado en planta con curvas de radio reducido que exigirá a los conductores una reducción de la velocidad para adaptarse a dicho trazado, por una mala coordinación (transición) de la planta y la elevación de la vía que obligará a los conductores a reducir la velocidad para adaptarse a las condiciones de visibilidad existentes. Debido a que una inconsistencia del trazado provocará que los conductores deban negociar la curva a una velocidad menor para que la variación de velocidad entre los elementos contiguos o entre el elemento y la velocidad de proyecto sea lo más baja posible, o por tener la curva un peralte insuficiente por lo que la minoración de velocidad responderá a que la descompensación de fuerza centrífuga sea lo más baja posible.

La siniestralidad por salida de la vía en carreteras de gran capacidad es un problema que, además de las dramáticas situaciones a las que da lugar, inflige a la sociedad elevados costes. Por lo general los ingenieros responsables del diseño de la infraestructura vial aplicando sistemáticamente los parámetros mínimos exigidos por las normas técnicas y en cuanto a barreras los diseños son débiles. En este sentido, es necesario tener en cuenta que la tipología más frecuente de accidentalidad con muertes en la carretera se da por salida del vehículo de la vía, y según estudio ello genera aproximadamente el 40% de los fallecidos que se producen en España por siniestros de tráfico.

Según los estudios desarrollados por Elvik, (1994) concluyó que la instalación de barreras en el separador central reduce la severidad de los accidentes por salida izquierda de vía en carreteras de gran capacidad, pero aumentando significativamente la probabilidad de ocurrencia de este tipo de siniestros (en alrededor de un 30%). Asimismo, según los estudios desarrollados

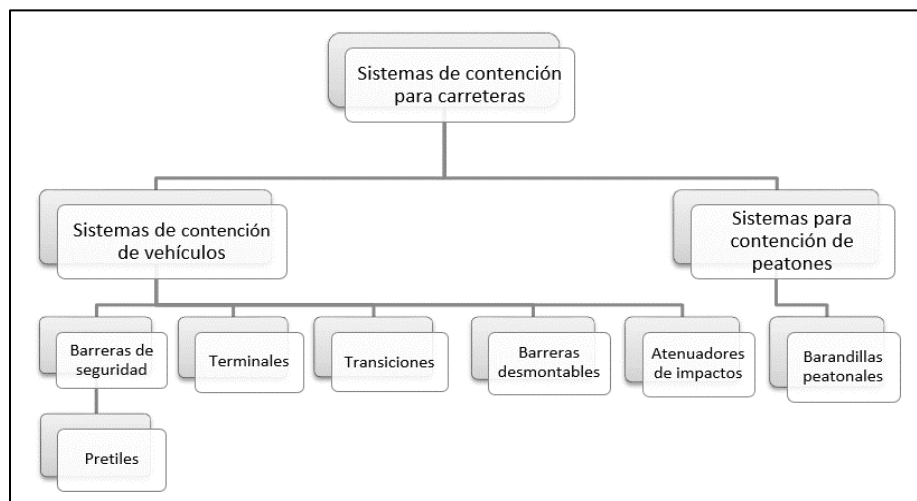


por (Donnell & Mason, 2006) confirman que aumentar la separación entre la barrera del separador central y la calzada disminuye la frecuencia de accidentes contra este tipo de dispositivos y también la severidad de estos (Hu, & Donnell, 2010). De hecho, extrapolando los resultados obtenidos para ciertas configuraciones de localización de obstáculos en márgenes de carreteras convencionales (Domínguez, et al. 2008), puede deducirse que disponer la barrera a más de 5.00 m en vez de adosarla al arcén llega a reducir tanto la frecuencia de los accidentes como la severidad de estos alrededores de un 70%. Así pues, como norma general, las barreras deben situarse lo más alejadas de la calzada que permita la funcionalidad del sistema (Bligh, et al., 2005).

Dentro de los aspectos que afectan a la funcionalidad del sistema se encuentra la dirección del impacto. Las barreras se diseñan para responder adecuadamente ante un cierto ángulo de choque. Exactamente de 20° y 15° de acuerdo con la Norma UNE-EN 1317-2. Evidentemente, aunque estos ángulos de ensayo teóricamente caracterizan las situaciones más comunes, la realidad es que el rango de ángulos con que impactan los vehículos es amplio. Cuanto más se aleje el ángulo de incidencia de choque real del ensayado, menores garantías habrá de que el sistema se comporte adecuadamente. Desde luego, muchos de los accidentes contra las barreras tienen lugar con ángulos de incidencia significativamente superiores a los de ensayo y aun así éstas cumplen parcialmente su función. Sin embargo, llegando al extremo (al aproximarse a 90° de incidencia) las barreras no son más que un obstáculo ya que no funcionan como amortiguadores de impacto.

### ***2.1.7 Definición de sistema de contención vehicular***

El Manual de Seguridad Vial define a los cómo, sistemas de contención para carreteras como sistemas de contención de vehículos y sistemas de contención de peatones, son dispositivos que deben usarse para obtener los más altos niveles de seguridad vial en las carreteras.

**Figura 21***Tipos de Sistema de Contención*

*Fuente: Norma UNE-EN 1317-1, (2011).*

En función a ello se define a las barreras de seguridad, como sistemas de contención de vehículos y son elementos de las carreteras cuya función es mitigar las consecuencias de un accidente de circulación por salida de vía, haciéndolas más predecibles y menos graves, pero no evitan que el mismo se produzca, ni están exentas de algún tipo de riesgo para los ocupantes del vehículo. Los sistemas de contención deben cumplir funciones básicas como: i) el vehículo se mantenga dentro de la calzada, ii) redireccionar al vehículo tras el impacto y iii) mitigar la severidad del accidente a los ocupantes del vehículo.

#### **a. Tipos de barreras de seguridad**

De acuerdo con las normas existen diferentes tipos de barrera como las barreras certificadas o barreras de seguridad (incluyendo pretilles) y barreras no certificadas, y de acuerdo con las características técnicas se cuenta con barreras flexibles, semirrígidas y rígidas.

Cada diseñador de acuerdo con las condiciones especiales podrá definir los diferentes niveles de comportamiento de las barreras de seguridad, para lo cual se presenta la siguiente tabla de los niveles de contención, que se podrán instalar incluyendo los terminales.

**Tabla 11***Niveles de Contención*

	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	TB 71 y TB 11	
		H4b	TB 81 y TB 11	
			L4a	TB 71 y TB 32 y TB 11
			L4b	TB 81 y TB 32 y TB 11

NOTA 1 Los niveles de baja contención se usan únicamente en caso de barreras de seguridad temporales. Estas barreras se pueden ensayar también para niveles de contención superiores.

NOTA 2 Se debería considerar que una barrera ensayada con éxito para un nivel de contención determinado cumple con los requisitos de cualquier nivel inferior, excepto que N1 y N2 no incluyen al T3, los niveles H no incluyen a los niveles L, y los niveles H1, H4b no incluyen al N2.

NOTA 3 Los ensayos TB 71 y TB 81 se incluyen en la norma debido a que en distintos países se han empleado vehículos pesados significativamente distintos para los ensayos y el desarrollo de barreras de seguridad de muy alta contención. Los niveles de contención H4a y H4b no deberían considerarse como equivalentes, no existiendo ninguna jerarquía entre ellos. lo mismo ocurre con los niveles L4a y L4b.

NOTA 4 El comportamiento de las clases de contención L mejora con respecto a las correspondientes clases H mediante la adición de ensayos TB 32

Para evaluación de un sistema de contención de vehículos dentro de los niveles de contención T3, N2, H1, H2, H3, H4a, H4b, L1, L2, L4a, L4b deben realizarse los siguientes ensayos:

a) un ensayo de acuerdo con el máximo nivel contención para ese sistema en particular; y

b) ensayo (s) con turismo para verificar que la satisfactoria contención para el máximo nivel es también compatible con la seguridad de estos vehículos.

### **b. Mantenimiento de sistema de contención vehicular**

Mantenimiento rutinario; se considera que el mantenimiento de rutina es aquel que no es por causas de un impacto, dentro de estos trabajos de mantención rutinaria están: las inspecciones visuales periódicas, la limpieza de acumulaciones de escombros y arena y despeje de maleza, la reposición de piezas por vandalismo o robo, los ajustes de tensión de cables guías, Etc. Mantenimiento por accidente; después de un impacto los dispositivos necesitan una inspección y análisis detenido, para definir las piezas que requieren reemplazo y los elementos que requieren un reposicionamiento o ajuste. Basado en la experiencia, conviene contar con un completo abastecimiento de piezas, en especial las frecuentemente dañadas durante los impactos. Nunca conviene demorar en restaurar estos dispositivos a su condición original, ya que un impacto con un sistema parcialmente dañado resultará en un accidente muy severo y daños de gran costo al dispositivo.

### **c. Terminales**

Los terminales están ubicados en los extremos de la barrera, sus objetivos principales son la de evitar que se produzca una detención violenta del vehículo en un impacto frontal y que algún elemento de la barrera penetre al compartimiento de pasajeros del vehículo, asimismo sirve como anclaje de la barrera en un impacto lateral, los terminales pueden ser: terminal abatido y esviado, terminal esviado y empotrado en talud de corte y terminal atenuador.

### **d. Transiciones y conexiones**

La transición es un tramo de conexión entre dos barreras de seguridad de diferente sección transversal, diseño y/o comportamiento. Asimismo, las conexiones son también dispositivos que unen a la barrera de seguridad con otras estructuras como estribos de puente, muros de contención, túneles, etc. las posibles transiciones y conexiones que se pueden presentar son: triple onda a doble

onda, doble onda a triple onda, barrera metálica a barrera de concreto, barrera metálica con estructura de concreto, entre otros

#### **e. Amortiguadores de impacto**

Los amortiguadores de impacto pueden considerarse como un caso particular de terminales de barrera. Los objetivos principales de un amortiguador de impacto son evitar que se produzca una detención violenta y brusca del vehículo en un choque frontal con un punto duro o que algún elemento de una barrera doble penetre al compartimiento interior del móvil y, además, servir como terminal del sistema de contención en un impacto lateral. Así, los amortiguadores de impacto tienen como función detener un vehículo de una manera controlada o redireccionarlo, evitando que impacte con un lugar de riesgo o un objeto fijo peligroso.

Es importante destacar que los amortiguadores de impacto son sistemas de contención certificados al igual que las barreras certificadas y, cualquiera sea su tipo, deberán cumplir con los requerimientos del Reporte 350 de la NCHRP, MASH o la Normativa EN-1317. Los amortiguadores de impacto se pueden clasificar en tres grupos: amortiguadores de impacto sin capacidad de redireccionamiento, amortiguadores de impacto con capacidad de redireccionamiento y amortiguadores de impacto móviles.

#### **2.1.8 Estudios de inspección de seguridad vial**

Los países pioneros (UK, AU, NZ) la integración de los procesos de auditoría en el desarrollo de las infraestructuras viarias se justifica por aceptar que el hecho de cumplir los estándares normativos no garantiza que el resultado final de la infraestructura resulte seguro para los usuarios de esta. Por otro lado, las recomendaciones norteamericanas constituyen un manual para la integración de auditorías en planes de actuación por seguridad vial.

### **a. Definición**

Los procesos de inspecciones consisten en un examen formal y sistemático de la seguridad vial que ofrece una infraestructura construida, es llevado a cabo por un equipo multidisciplinar independiente con la apropiada experiencia y formación (Austroads, 2009) (IHT, 2008) (FHWA, 2006). Este examen formal debe identificar todas las incidencias que afectan a todos los usuarios de la infraestructura y debe incluir aquellas que presentan un potencial de mejora de la seguridad vial y no debe confundirse o interferir con una auditoría técnica o chequeo de la carretera, tanto en diseño como en la fase de operación. Por otro lado, según el Manual de Seguridad Vial del MTC, una inspección es un informe diagnóstico realizado a juicio de un equipo técnico de profesionales especializados en la materia de manera independiente, objetiva y sistemática que refleja el estado en el que se encuentra la vía inspeccionada y en el que se recalcan las deficiencias y omisiones detectadas. Del mismo modo, puede incluirse en ésta la propuesta de actuaciones que corrijan o palién la deficiencia u omisión detectada, en este sentido efectuar las ISV permite que:

- Identificar características a través de la red que podrían ser peligrosas (por ejemplo, el extremo de muro de puente no protegido, o un poste específico en el exterior de una curva). La identificación de estas características ayuda a priorizar los trabajos correctivos.
- Identificar y tratar otros peligros potenciales en un lugar donde frecuentemente se producen los choques, al mismo tiempo se tratan las causas de los accidentes.

### **b. Objetivos de la inspección de seguridad vial**

De acuerdo con el Manual de Seguridad Vial, tienen por objetivo identificar las carencias potenciales de la carretera con el fin de reducir la probabilidad de que se produzca un accidente en ese tramo, mediante la aplicación de las medidas correctoras oportunas. Esto contribuye, en última

instancia, a reducir los costos individuales, familiares y sociales asociados a los accidentes. De esta manera, Características principales de una inspección de seguridad vial, de esta forma una adecuada Inspección, deberá presentar las siguientes características: procedimiento formal, proceso independiente, los profesionales o equipo inspector independientes y un equipo multidisciplinario.

### **c. Fases de la inspección de seguridad vial**

La ISV puede formar parte de un programa general de seguridad vial de la red de carreteras existentes. Dicha inspección está compuesta por cinco fases las cuales consiste desde la definición y selección del equipo de inspección de seguridad vial, para lo cual el equipo debe demostrar la independencia de todo el proyecto, así como debe ser multidisciplinario y con espertiz para abordar diferentes temas técnicos, sociales y otros indoles que requiera su atención y sea la posible causa de los accidentes. La segunda fase consiste en la evaluación de toda la información existente relacionado con el tramo en estudio iniciando desde la recolección de data de accidentes, evaluación de auditorías o inspecciones anteriores, evaluación del trazo y componentes de cada elemento.

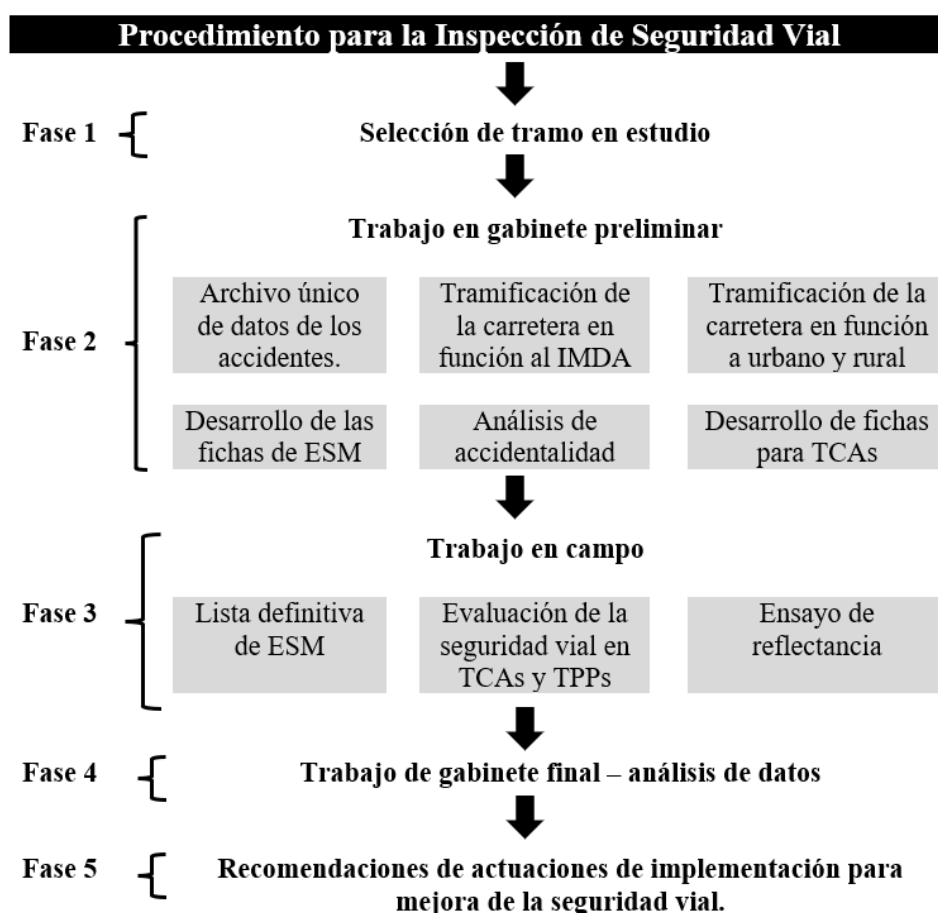
De manera especial se deberá efectuar el análisis relacionado con la movilidad, la data de accidentes, velocidad, visibilidad, diseño geométrico, dispositivos de control, factor humano entre otros elementos los estudios se deben efectuar de manera cualitativa y cuantitativa incluyendo equipos para dichos estudios, además de ello se deberá hacer entre el inventario existente y el relevamiento de toda información. Con dicha información se define e identifica los tramos de concentración de los accidentes TCAs y se elabora las fichas para la inspección en campo.

En la fase tres se efectúan todos los trabos de campo, lo cual se efectúa tanto de día como de noche, en todas las condiciones climáticas, así como en diferentes modos de transporte, esta fase es donde más nos acercamos a la probable causa de los accidentes y es donde se identifican

los elementos susceptibles de mejora en los TCAs y TPPs, así como de manera general se formula las recomendaciones. En la fase cuatro se discuten las propuestas de cada uno de los expertos y se formulan las recomendaciones a corto, mediano y largo plazo, así como se evalúa los costos de intervención y en la fase cinco se desarrolla la propuesta de actuaciones para su implementación y el seguimiento de la data de cada recomendación.

**Figura 22**

*Flujograma para inspección de seguridad vial*



*Fuente: Elaboración propia en base al Manual de Seguridad Vial MTC (2017).*

#### **d. Los principios del tráfico**

En el análisis de la seguridad vial es importante analizar el tráfico para lo cual se debe conocer y tener bien definido los principales principios que servirán de base para la que se orientan de los estudios, es así como el Manual de Seguridad Vial ha definido los siguientes tres principios:



- Principio de responsabilidad. - Se parte de que el conductor conoce la normativa existente, y como tal, la cumple y se comporta de forma adecuada con el resto de los usuarios de la vía.
- Principio de confianza. - Cualquier otro participante en la circulación, partiendo de que es responsable como hemos dicho anteriormente, espera legítimamente que el resto también lo sea, es decir “confía” en que el comportamiento de los demás sea adecuado y acorde a la normativa.
- Principio de seguridad. - Nuestra experiencia nos dice que no siempre se puede tener una confianza plena, y las graves consecuencias de los accidentes de tráfico hacen que antepongamos muchas veces este principio en previsión de que el resto de los conductores no sean tan responsables como cabe esperar. Por ello tomamos en muchos casos una serie de precauciones extras cuando conducimos, cruzamos como peatones, etc.

#### **e. Informe de inspección de seguridad vial**

El informe de Inspección se suele elaborarse en función a los trabajos en campo, gabinetes y toda data analizada y estudiada a detalle, por lo general el informe resume los problemas identificados y recolectados de campo a través de las fichas, y es por ello su elaboración es en formato problema-recomendación, donde el problema se describe en términos de riesgo de accidente para un tipo de usuario y la recomendación es una medida a aplicar para solucionarlo.

#### **f. Actuaciones preventivas y seguimiento**

Después de concluir con la elaboración del informe final e informe respuesta, se da el proceso de la implementación de las recomendaciones formuladas tanto en los tramos de concentración de accidentes y tramos potencialmente peligrosos u otros tramos donde se haya

recomendado su implementación de alguna mejora. En función a la implementación la dirección u órgano competente de la gestión vial deberá hacer el seguimiento de la efectividad de cada actuación, el mismo que servirá para replicar en otros tramos de la vía similares, hasta servirá de base para mejorar las normas y con ello se podrá evaluar el costo efectividad de cada implementación.

Por tanto, es preciso realizar un seguimiento del funcionamiento de las medidas implantadas, preferiblemente tras un año, tres años después de la implantación y cinco años después. y es recomendable que cada actuación se encuentre sistematizado para que optimice la gestión de la seguridad vial.

## **2.2 Marco conceptual**

Dada la variedad de los axiomas que se emplea a la hora de definir las Inspecciones de seguridad vial, y dado que el alcance de éstas, en este apartado se definen los conceptos que van a ser utilizados en la presente investigación con objeto de evitar confusiones y acotar los alcances de cada una de las herramientas y agentes dentro del sistema de gestión de la seguridad vial, en este sentido los términos, corresponden en su mayoría al documento oficial denominado “Glosario de Términos” de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial” y al manual de seguridad vial del ministerio de transportes y comunicaciones.

**Elemento susceptible de mejora:** Elemento físico de los distintos componentes de la infraestructura viaria y del entorno en que se ubica, que, por su naturaleza, diseño, configuración, disposición o interrelación entre ellos, dé lugar a una zona de riesgo potencial que, mediante actuaciones rentables oportunas, se puedan paliar o eliminar.

**Factores de la seguridad vial:** los factores que intervienen en los accidentes viales son múltiples, sin embargo, se puede agrupar en las siguientes categorías: acciones del conductor, condiciones

mecánicas del vehículo, características geométricas de la vía y el medio ambiente físico o climático en el que opera el vehículo.

**Factor humano:** Comportamientos relacionados exclusivamente a psicología, fisiología, o quinesiología humana.

**Factor vehículo:** las condiciones mecánicas de un vehículo puede ser también la causa de los accidentes tales como: los frenos defectuosos en camiones pesados, etc.

**Factor infraestructura:** las condiciones y la calidad de la vía, el pavimento, las cunetas, las intersecciones y el sistema de control de tránsito, pueden ser factores condicionantes para que ocurran los accidentes. Incluye también el medio ambiente físico y climático que circunda a un vehículo de transporte, también puede ser un factor en la ocurrencia de los accidentes.

**Índice de accidentalidad:** Indicador que determina el número de accidentes comparado con alguna estadística poblacional tal como número de personas, número de viajes diarios, etc. Sirve para evaluar la siniestralidad en un lugar concreto, y compararlo con otros países o territorios.

**Inspección de seguridad:** Una revisión independiente, periódica, sistemática y técnica de la seguridad viaria de las carreteras o de tramos de éstas en servicio, por parte de un inspector con objeto de certificar que todas sus vías operen en las máximas condiciones posibles de seguridad y en su defecto proponer actuaciones que resulten viables para eliminar o paliar las carencias detectadas en los elementos susceptibles de mejora.

**Seguridad vial:** Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

**Siniestro:** Suceso eventual o acción de la que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas. En el presente documento se utiliza intercambiamente con el término accidente y colisión.

**Tramo de concentración de accidentes (TCAs):** Es aquel tramo de la red que presenta una frecuencia de accidentes significativamente superior a la media de tramos características semejantes, y en los que, posiblemente, una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad.

**Tramo potencialmente peligroso (TPPs):** Tramos de una vía que, no llegando a ser un Tramo de Concentración de Accidentes, pero son puntos conflictivos detectados que requieren de una actuación de mejora de su Seguridad Vial.

### III MÉTODO

El análisis de la interacción de la infraestructura vial con el número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras - SINAC, no sólo desde el punto de vista de la influencia de la geometría de la vía y sus dispositivos de control de tránsito, sino también considerando las características de la velocidad y otros elementos, los mismos que se detallan en los siguientes apartados, y con el fin de alcanzar el objetivo de la investigación. En primer lugar, se describirá cómo llevar a cabo la toma de datos, para proseguir con la descripción de los pasos a seguir en el tratamiento y análisis de estos. En el estudio efectuado por Chavarry y Rojo (2019), analizaron los procesos que interactúan en la gestión de costos para inducir a la reducción de costos, utilizaron para su investigación el método deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo, instrumento de recolección de datos prospectiva, de tipo descriptiva, correlacional y explicativa, nivel descriptivo, diseño no experimental, prospectiva y estudio de cohorte (causa-efecto). El presente estudio acoge la tipología empleada por Chavarry y Rojo en su estudio de investigación.

- **Método de investigación**

El método deductivo, porque reconoce e identifica las variables de estudio, plantea las hipótesis para cada uno de sus objetivos, operacionaliza las variables y propone una solución al problema de la investigación, es aplicada, debido a que el alcance de esta investigación es práctico y se sustenta a través de normas, leyes, manuales, proyectos, entre otros, el enfoque cualitativo, debido a que se emplea las herramientas del Manual de Seguridad Vial a fin de identificar los elementos susceptibles de mejora, evaluar sus deficiencias y recomendar las actuaciones por prioridad, para incrementar los niveles de seguridad vial de la infraestructura de las carreteras, el instrumento de recolección de datos es retrolectivo, porque se ha usado los formatos y/o fichas del

Ministerio de Transportes y comunicaciones, para organizar, recopilar, resumir o anotar las informaciones y/o datos utilizados en el estudio.

### **3.1 Tipo de investigación**

La investigación es de tipo descriptivo, correlacional y explicativo, debido a que da respuesta a las causas de los accidentes por el factor infraestructura, que nos permite explicar las causas de los accidentes y las medidas para mitigarlos, además; permite establecer el grado de relación que existe entre variables infraestructura y el número de accidentes de tránsito que son materia de análisis de esta investigación.

#### ***3.1.1. Nivel de la investigación***

Para el desarrollo del proyecto de investigación se ha aplicado el nivel de investigación descriptiva, porque se va identificar los tramos donde se han producido accidentes, los porcentajes de choques, despistes y atropellos, las causas que se atribuyen al factor humano y a la infraestructura, identificación de la discontinuidad e insuficientes sistemas de contención vehicular, accesos y salidas sin canalización, el costo de inversión para el mejoramiento de los elementos susceptibles de mejora las que se encuentran en Tramos Potenciales Peligrosos (TPPs) y en Tramos de Concentración de Accidentes (TCAs).

#### ***3.1.2. Diseño de la investigación***

El diseño de investigación es de tipo no experimental, transversal y prospectivo. No experimental: El desarrollo de la tesis se basa fundamentalmente en la observación de los datos de accidentes a causa de la interacción con la infraestructura vial de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. Para la inspección se desarrolla en base a sucesos de accidentes que ya ocurrieron. Es por esto por lo que también se le conoce como investigación «ex post facto» (hechos y variables que ya ocurrieron), al observar variables y relaciones entre estas

en su contexto. Transversal: Los estudios transversales de esta investigación se utilizan porque el objetivo es analizar los datos de accidentes obtenidos. Así como se hace una inspección en campo los mismos que son estudiados transversalmente. El tiempo de recolección de dato es aproximadamente 3 años. Prospectivo: En el diseño prospectivo la recolección se realiza luego de planificar el estudio. El control de las variables de confusión, así como de las variables independientes, la inspección y revisión de los datos de accidentes con los que se efectuarán las mediciones en campo, se obtendrán las mediciones (que tiende a minimizar el número de accidentes de tránsito). El estudio del diseño es de cohorte (causa-efecto), porque estudia, evalúa e implementa la variable independiente Manual de seguridad vial, con la finalidad de dar respuesta al problema de la investigación los niveles de seguridad en la infraestructura de las carretas.

### 3.1.3. Fases de la investigación

Las fases de la investigación según Hernández, et al. (2014). en su libro Metodología de la Investigación comprenden lo siguiente (Tabla 12):

**Tabla 12**

*Fases de la investigación*

Ítem	Fases de la investigación	Descripción General
01	Concepción de la idea a investigar	La aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial intenta contribuir a paliar la carencia de estudios sobre este ámbito. Por otra parte, puede servir de guía para los inspectores.
02	Planteamiento del problema a investigar	La aplicación de las herramientas del manual de seguridad, como alternativa para reducir el número de accidentes de tránsito a causa de la infraestructura vial.
03	Elaboración del marco teórico	VI: Herramientas del manual de seguridad vial. VD: Número de accidentes de tránsito

---

04	Definición de la investigación	Investigación Aplicada, principal y explicativa
05	Definición de la hipótesis	La hipótesis es causa efecto
06	Selección del diseño de la investigación	No Experimental, transversales de tipo exploratorios, descriptivo y correlacionales – causales.
07	Selección de la muestra	Las vías en evaluación pertenecen al Sistema Nacional de Carreteras
08	Análisis de datos	Herramientas inspección del Manual de Seguridad Vial.
09	Presentación de los resultados	Tesis

---

*Fuente: Hernández et al. (2014)*

### **3.2 Población y muestra**

La unidad de análisis de acuerdo con lo que sostiene Mejía, (2005), viene a ser el componente necesario que permite precisar e identificar a los usuarios y elementos intervinientes en una investigación y que interactúan directamente con el problema y el objeto de estudio. Para el proyecto de investigación desarrollado, la unidad de análisis está determinada por los criterios que corresponde al objeto de estudio, siendo los siguientes:

- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, al ser una vía de la red vial nacional.
- OSITRAN, al ser vías concesionadas y supervisadas por esta entidad
- Los Concesionarios, al ser Empresas responsables de proveer vías con niveles de servicios seguros y eficientes.
- La Constitución Política del Perú, al danos el derecho a la vida como fin supremo de la persona



- La Ley General de Tránsito y Transporte Terrestre, por brindar al MTC la rectoría en la gestión de la red vial.
- El Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, por establecer los documentos técnicos normativos.
- Las Normas Técnicas y Manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por ser documentos técnicos de cumplimiento obligatorio por los tres niveles de gobierno.
- Los usuarios de la vía, por ser los primeros afectados con las debilidades y/o deficiencia que puede presentar la vía.

### **3.2.1 Población**

La Población está representada por SINAC, (2013), que es la Red vial Nacional del Sistema Nacional de Carreteras del Perú, específicamente por los setenta y un (71) tramos de concentración de accidentes (TCAs), los cuales se han analizado y evaluado mediante la metodología de modelo multivariado para la predicción de accidentes. Ambros et al. (2019), utilizaron en su estudio datos para desarrollar las herramientas, basados en modelos de predicción de accidentes y factores de modificación de accidentes. Los modelos de predicción final de accidentes y los factores de modificación de accidentes permitieron realizar una evaluación de impacto en la seguridad vial, para lo cual también se desarrolló una sencilla herramienta on-line, aplicando modelos de predicción de accidentes según el método Empírico Bayes, con el fin de determinar el potencial de mejora de la seguridad de los elementos de la red con la lista de prioridades final visualizada en un mapa on-line.

### 3.2.2. *Muestra*

La muestra de esta investigación está compuesta por ocho (08) tramos de concentración de accidentes que presentan mayor índice de severidad, unidos en cuatro (04) tramos, de los 71 tramos de concentración, la Inspección de Seguridad Vial se desarrollará de acuerdo con los tramos que concentran mayores índices de severidad. Por tanto, la presente investigación se centra en el desarrollo de la inspección en los tramos de concentración de accidentes que presentan mayor índice de severidad, derivadas de los 71 tramos entre ellos tenemos los 4 tramos, que se muestra a continuación.

- PE – 1N del km 38+000 al km 100+000 (Ancón – Rio Seco)
- PE – 1NA del km 000+000 al 22+700 (Ancón - Chacra y Mar)
- PE – 22 del km 55+000 al km 145+000 (Cocachacra – La Oroya)
- PE – 3S del km 00+000 al km 25+000 (La Oroya – Pachacayo)

La muestra posee una clase no probabilista o dirigida, por lo que en la presente investigación se selecciona los diferentes componentes de la vía que causan más accidentes de tránsito, así como se aplicaran las inspecciones a vías en servicio específicos. Los cuales servirán de base para el desarrollo de la mejora de la infraestructura vial. En la presente investigación se limitará a analizar los tramos donde ya ocurrieron los accidentes y los tramos donde aún no hay accidentes pero que podría generar los accidentes: Tratamiento de Tramos de Concentración de Accidentes (TCAs): medidas que mitiguen la accidentalidad a corto plazo de bajo costo y de gran impacto; mediano plazo y largo plazo. Identificación de Tramos Potencialmente Peligrosos (TPPs) que los considera en forma proactiva con la idea de mejorar aquello que puede contribuir a los accidentes antes de que ocurran los siniestros. El valor de una Inspección de Seguridad Vial (ISV)

en carreteras en servicio se finalizará a través de recomendaciones, para la implantación para los Elementos Susceptibles de Mejora en los TCAs y TPPs.

### 3.3 Operacionalización de variables

#### Variable dependiente

Seguridad de la infraestructura vial.

#### Variable independiente

Manual de seguridad vial (Manual de Carreteras MC, 2017):

- Componentes de la infraestructura vial: La identificación y su evaluación del diseño geométrico y su interrelación con los accidentes viales permitirá hacer las respectivas recomendaciones.
- Elementos susceptibles de mejora en TCAs: La identificación y estudio de los elementos de la vía que están causando accidentes por un periodo mayor de tres años permitirá hacer las recomendaciones de actuación.
- Elementos susceptibles de mejora en TPPs: La identificación y estudio de los elementos de la vía que aún no han causado accidentes pero que representa un gran peligro para que ocurra los accidentes, permitirá hacer las recomendaciones de actuación.

Con el consiguiente planteamiento de la siguiente relación (1):

$$y = f(x_1, x_2, x_3) \dots (1)$$

Donde:

Y = Mejora de seguridad de la infraestructura vial (V.D)

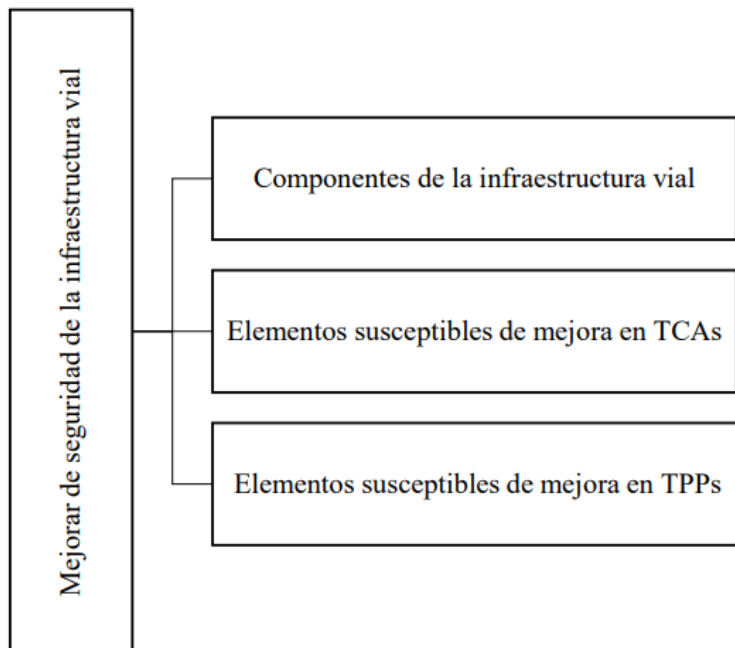
X<sub>1</sub> = Componentes de la infraestructura vial

X<sub>2</sub> = Elementos susceptibles de mejora en TCAs

X<sub>3</sub> = Elementos susceptibles de mejora en TPPs.

**Figura 23**

*Diagrama de variables independiente y dependientes de la investigación*



**Tabla 13**

*Fases de la investigación*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones de la Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones de la Variable Dependiente</b>
Componentes de la infraestructura vial	Diseño geométrico de la vía (plataforma) Entorno Pavimento IMDA Velocidad	Incremento de seguridad de la infraestructura vial	Necesidad y expectativas de los usuarios de contar con vías seguras e indulgentes.
Elementos susceptibles de mejora en TCAs	Velocidad del vehículo a la hora del accidente Accidente en los tramos curvos. Accidentes en tramos tangentes Dispositivos de control de tránsito. clima Accidentes en las carreteras que atraviesan zonas urbanas	Incremento de seguridad de la infraestructura vial	Necesidad y expectativas de los usuarios de actuaciones a corto plazo en tramos de

Elementos susceptibles de mejora en TPPs	Velocidad de operación Peligrosidad de los tramos curvos Peligrosidad de los tramos tangentes clima Dispositivos de control de tránsito. Textura de la superficie de rodadura(mm) Peligrosidad en las carreteras que atraviesan zonas urbanas	Incremento de seguridad de la infraestructura vial	concentración de accidentes Necesidad y expectativas de los usuarios en la reducción de accidentes en las carreteras.
--	---	--	--

### 3.4 Instrumentos

#### 3.4.1. Descripción de las técnicas

Las principales técnicas y/o instrumentos que se utilizarán posteriormente en la presente investigación son:

- Análisis documental: A manuales, normas, investigaciones tanto nacionales e internacionales.
- Análisis de los índices de severidad: En gabinete (data de accidentalidad y diseño de las recomendaciones).

#### 3.4.2. Análisis de la vía en servicio: en campo y gabinete.

Revisión documental: se usó esta técnica para obtener información a través de las normas, libros, tesis, manuales, reglamentos, directivas y otro tipo de información relacionado con el tema de investigación “Aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial, para la inspección”. Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se realizaron las siguientes actividades: El trabajo de inspección de seguridad vial en la carretera objeto del presente informe se circunscribe a la definición que da el propio Manual de Seguridad Vial, a saber, “procedimiento sistemático en el que un equipo profesional calificado comprueba las condiciones de seguridad de un tramo de carretera o de un itinerario completo en

servicio, estudiando la vía y su entorno desde todos y cada uno de los aspectos que puedan intervenir en la seguridad de todos los usuarios”. En primer lugar, se recabó toda la información relacionada con las carreteras objeto del estudio. Esta información, proporcionada por diferentes, contempla, entre otros, los siguientes datos: movilidad, accidentalidad y características climáticas. Así mismo y de forma simultánea, se recopiló la información correspondiente a Normativas y Manuales e informes relacionados con la carretera y la seguridad vial vigentes. Además, se ha realizado la inspección en campo en la que se ha procedido a efectuar los recorridos durante el día y la noche en los tramos de estudio los cuales han sido recorridos. Las principales técnicas y/o instrumentos que se ha utilizado en la presente investigación se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Técnicas y/o instrumentos de la investigación*

<b>Análisis documental</b>	<b>A manuales, normas, investigaciones tanto nacionales e internacionales</b>
Análisis de los índices de severidad	En gabinete (data de accidentalidad y diseño de las recomendaciones).
Análisis de la vía en servicio	En campo y gabinete

Revisión documental: se usará esta técnica para obtener información a través de las normas, libros, tesis, manuales, reglamentos, directivas y otro tipo de información relacionado con el tema de investigación “Aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial, para la inspección”.

### **3.4.3. Descripción de los instrumentos**

- Ficha bibliográfica: este instrumento se utiliza para recopilar datos en formatos o fichas ordenadas metodológicamente relacionadas con: “Aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial, para inspección”.

- **Análisis del proyecto:** consiste en primer lugar hacer la recolección de dato de la capacidad de la infraestructura vial a través de un estudio de tránsito, luego con ello se hace la identificación de los tramos o componentes de la infraestructura vial que puedan causar más accidentes de tránsito.
- **Análisis de la vía en servicio:** como la vía se encuentra operando ya tenemos el registro de datos de accidentes se evalúa la causa de los accidentes en gabinete, luego se va a campo para verificar los tramos de concentración de accidentes, así como identificar los tramos potencialmente peligrosos, de ello se plantea alternativas que puedan mitigar los niveles de accidentes de tránsito en la vía en servicio.
- **Procedimientos de comprobación de validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de información.**

### **3.5 Procedimientos**

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se realizaron trabajos de inspección de seguridad vial en la carretera objeto del presente informe, se circunscribe a la definición que da el propio Manual de Seguridad Vial, a saber, “procedimiento sistemático en el que un equipo profesional calificado comprueba las condiciones de seguridad de un tramo de carretera o de un itinerario completo en servicio, estudiando la vía y su entorno desde todos y cada uno de los aspectos que puedan intervenir en la seguridad de todos los usuarios”. A partir de la definición anterior se describen cuáles son los trabajos desarrollados a lo largo del estudio:

- **Recopilación de la información:** En primer lugar, se recabó toda la información relacionada con las carreteras objeto del estudio. Esta información, proporcionada por

diferentes, contempla, entre otros, los siguientes datos: movilidad, accidentalidad y características climáticas. Así mismo y de forma simultánea, se recopiló la información correspondiente a Normativas y Manuales e informes relacionados con la carretera y la seguridad vial vigentes. Además, se ha realizado la inspección en campo en la que se ha procedido a efectuar los recorridos durante el día y la noche en los tramos de estudio los cuales han sido recorridos.

- Informe de las actividades de campo: Es en esta fase se realizó su visita a campo, haciendo la inspección in situ de las características de la carretera y su influencia en la accidentalidad. En estas visitas, con el conocimiento previo se prestó especial atención a los aspectos que mayor influencia pudieran presentar en la accidentalidad. En este sentido, el foco se centró en los tramos potencialmente peligrosos previamente identificados (TPP) y en los tramos destacados por acumulación de accidentes en los últimos años dentro de cada TCA. Durante la visita el equipo se confirmó el listado de TPP provisionales, añadiendo o descartando los que finalmente consideró oportunos de acuerdo con los criterios de identificación establecidos anteriormente. A lo largo de la visita se complementó en estos tramos la lista de chequeo, teniendo en cuenta además el factores influyentes como el entorno de las carreteras, para lo cual se describió de forma general el entorno; el estado o condición de la infraestructura, identificando posibles deficiencias de las vías en servicio que pudieran estar provocando o provocar en un futuro problemas de seguridad vial; intersecciones y su estrecha relación con los accidentes laterales; zonas de adelantamientos, como zonas con probabilidad de ocurrencia de accidentes frontales; zonas con características propicias para la ocurrencia de accidentes por alcance; los márgenes así como los obstáculos susceptibles



de ser impactados por vehículos que abandonen la calzada; usuarios vulnerables como peatones y ciclistas; zonas con climatologías específicas que pudieran poner en riesgo la seguridad del tránsito, etc.

- Por otro lado, en paralelo a los trabajos de inspección tanto in situ como en gabinete, se llevaron a cabo los trabajos de campo correspondientes a los estudios de levantamiento geométrico, tráfico, toma de velocidades y reflectometría. A lo largo de estos trabajos, se recabó la información necesaria en las comisarías adyacentes a los tramos de concentración de accidentes. Esta información fue después adecuadamente tratada y procesada para la elaboración con mayor precisión los diagnósticos de seguridad vial pertinentes en los tramos donde se acumula la accidentalidad de cada TCA permitiendo así caracterizar cada uno de ellos de forma completa.
- El final de la fase de trabajos de campo consistió en la finalización de los estudios de campo y de los estudios asociados a los mismos, como los de visibilidades y consistencia de las características geométricas. Las conclusiones de cada estudio arrojaron resultados que fueron utilizados en diferentes momentos del trabajo de inspección. De esta forma los estudios de tráfico, visibilidades, velocidades, consistencia de las características geométricas y reflectometría, han contribuido a identificar elementos susceptibles de mejora ESM a lo largo de las carreteras inspeccionadas al detectar puntos en los que quedaron patentes problemas de seguridad vial correspondientes a cada uno de los estudios. Estos ESM también se identificaron tanto en TCA como en TPP y relacionándolos con el diagnóstico cumplimentado con anterioridad, conformando una lista de chequeo completa. En cada ESM además se propusieron medidas de mejora de la seguridad vial. Por otro lado, el estudio de tráfico

proporcionó además información sobre la movilidad en cada uno de los tramos de la carretera permitiendo establecer los niveles de exposición al riesgo y una idea de la magnitud de las consecuencias de los posibles accidentes que pueden estar relacionados con cada elemento de mejora identificado a partir del valor de la velocidad característica de cada tramo.

- Trabajos de inspección en campo: La inspección de la carreteras se dan inicio el día lunes 17 de septiembre hasta el miércoles 14 de noviembre de 2018, adicionalmente los meses de setiembre y octubre del 2019 se fueron a volver evaluar las propuestas de actuación, las vías fueron evaluados en ambos sentidos de circulación tanto de día como de noche y bajo todas las condiciones de usuarios, asimismo se efectuó trabajos de reconocimiento previo que principalmente consistió en la ubicación de las puntos progresivas iniciales y finales de los tramos objeto de esta investigación, el mismo se efectuaron las tomas de fotografías georreferenciadas y grabación de la totalidad del recorrido con dos cámaras (Garmin Dash e Imajbox), teniendo como apoyo, un GPS navegador.
- Análisis en gabinete: A partir de los datos recopilados tanto de forma documental como en las visitas de campo, se ha trabajado, en gabinete, las tareas de análisis en las carreteras objeto de estudio, de forma que se puedan caracterizar cada uno de los aspectos relacionados con la seguridad vial. Estos análisis, tanto de la documentación como de los videos filmados en campo, han permitido analizar de forma exhaustivo cada una de las carreteras y de los TCA identificados desde diversos puntos de vista, a saber: Desde el punto de vista de la movilidad, desde el punto de vista de las características geométricas, desde el punto de vista de las características climáticas,

desde el punto de vista de la observación de las velocidades y otros comportamientos de los usuarios de la vía que puedan afectar a la seguridad vial, a partir del visionado de los videos filmados en campo y los trabajos en campo, se establece comparaciones entre las velocidades desarrolladas por los vehículos y los límites de velocidad reglamentarios en cada punto, etc. Los trabajos de gabinete y campo han permitido definir y establecer tanto los TCAs y los Tramos Potencialmente Peligrosos (TPP).

- Contenido de los estudios: El estudio de tráfico; permite obtener los parámetros fundamentales de la movilidad, de forma que se pueden estimar las pautas de movimiento de los usuarios de la carretera, identificar los tramos con mayor volumen de vehículos, y por lo tanto con mayor nivel de exposición a sufrir un accidente de tránsito. También arroja información sobre parámetros como la velocidad, valor que cobra especial relevancia en los estudios de seguridad vial, pues es un factor interviniente y la mayoría de las veces determinante en la accidentalidad. Por otro lado, se determinan igualmente otros aspectos de la movilidad como la composición del tráfico, de forma que se tiene en cuenta las características de todos los vehículos y se detectan zonas con presencia elevada de algún tipo de vehículo concreto; la presencia de usuarios vulnerables, tal que permita definir medidas especialmente dirigidas a la protección de los mismos ante la ocurrencia de accidentes; las matrices origen/destino, que permiten detectar posibles problemas en ciertas intersecciones.

Para un mejor análisis e interpretación de los resultados, se utiliza una serie de técnicas que nos permita encarar la investigación de forma más clara y precisa respecto a los datos y/o información recolectada y analizada en los Anexos 3,5 y 6, identificado en los tramos de concentración de accidentes – TCAs: Con el objeto de conseguir una adecuada caracterización de

las variables que se registran en la carretera se lleva a cabo una tramificación de la misma a partir de las características del diseño geométrico, las condiciones orográficas, la localización de intersecciones con carreteras de categoría similar y respetando las variaciones de la carretera a lo largo de la misma. Conforme a lo expuesto, se obtienen los siguientes tramos de características homogéneas en los que se van a definir valores como intensidad de tráfico, velocidades, etc., y que quedan definidos por sus progresivas. Datos del diseño geométrico de las carreteras existentes

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía. Por ello, se deberá evaluar el adecuado valor de velocidad de diseño y operación; y, sobre todo, se analizará las relaciones de comodidad entre este valor, la curvatura y el peralte. Para ello se analizó la existencia de una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha geometría y la visibilidad y capacidad de reacción, que el conductor tiene al operar un vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta, y a las eventualidades que puedan presentarse.

### **3.6 Análisis de datos**

#### ***3.6.1. Clasificación de carreteras***

La clasificación de las carreteras en estudio tiene su importancia para los trabajos de inspección, en tanto que de la definición entregada para cada categoría se desprenden los requisitos básicos que deben cumplirse y que a la postre el usuario espera de los niveles de servicio de la carretera. Algunos de estos requisitos están relacionados con la seguridad activa, es decir, con las

medidas que incorpora la carretera para evitar que se produzca accidentes (características geométricas del trazo, diseño de las intersecciones, prioridad en las intersecciones, calidad del pavimento, sección transversal adecuada, dimensiones de la sección de la franja, señalización, etc.), y otros con la seguridad pasiva, es decir, con las medidas que incorpora la carretera para minimizar la gravedad de los accidentes en el caso que se produzca (separador central, sistema de contención de vehículos, protectores laterales, etc.). Para la clasificación de la carretera se tuvo como referencia el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG- 2018, específicamente la sección 101 clasificación por demanda y sección 102 clasificación por orografía. En función a la demanda tenemos la siguiente clasificación:

**Tabla 15**

*Diseño Geométrico DG- 2018 - Clasificación por demanda*

<b>Clasificación</b>	<b>Demanda</b>
01.01 Autopistas de Primera Clase	Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
101.02 Autopistas de Segunda Clase	Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
01.03 Carreteras de Primera Clase	Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
101.04 Carreteras de Segunda Clase	Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo.
101.05 Carreteras de Tercera Clase	Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo.

101.06	Trochas Carrozables	Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m
--------	---------------------	--

*Fuente: Manual de Carreteras MC-02-18, (2018).*

En función a la orografía tenemos la siguiente clasificación:

**Tabla 16**

*Diseño Geométrico DG- 2018 - Clasificación por orografía.*

Clasificación		Orografía
102.01	Terreno plano (tipo 1)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%).
102.02	Terreno ondulado (tipo 2)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %.
102.03	Terreno accidentado (tipo 3)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%.
102.04	Terreno escarpado (tipo 4)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%.

*Fuente: Manual de Carreteras MC-02-18, (2018).*

### **3.6.2. Revisión de la seguridad vial en la red vial nacional en estudio.**

El objetivo de la revisión de la infraestructura vial en los tramos de análisis consiste en analizar el efecto sobre la seguridad vial que tiene la infraestructura. Para lo cual en primer lugar se analizará e identificará los principales problemas que presenta los tramos en materia de estudio y posteriormente se analiza la repercusión sobre los accidentes para ello se analiza los factores

influyentes en la seguridad vial y se recomienda las propuestas de mejora cuidando que sean satisfactorios y aplicables de acuerdo con la necesidad y complejidad de cada tramo en estudio. Los aspectos estudiados son los siguientes: velocidad de proyecto, trazo en planta y alzado, sección transversal, visibilidad y distancia de parada, heterogeneidades y zonas específicas en el trazado, pavimento, drenaje, diseño de puntos singulares, intersecciones, aproximación a travesías, dotaciones, señalización vertical, señalización horizontal y balizamiento, sistemas de contención, seguridad de otros usuarios, terrenos adyacentes, peatones y ciclistas.

### ***3.6.3. Caracterización geométrica de la vía***

Tal y como se indica en el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía. Uno de los propósitos del estudio geométrico es el de proporcionar la información necesaria para poder elaborar una serie de estudios fundamentales para conocer y determinar el nivel de seguridad de una carretera, como son el Estudio de Visibilidades, el Estudio de Velocidades y por último el Estudio de la Consistencia de las Características Geométricas. Para la caracterización geométrica de las vías correspondientes, se analizan cuatro aspectos fundamentales: perfiles longitudinales, secciones transversales, equipamiento de la carretera y puntos singulares. De acuerdo con la caracterización geométrica de la carretera, presentados en el Anexo E.

### ***3.6.4. Relación entre intensidad, velocidad y densidad***

Entre las principales características de la circulación estudiadas existen relaciones que permiten deducir una de ellas a partir de los valores de las otras, en el estudio de tráfico y su interrelación con la seguridad vial, se analiza cuando los vehículos se encuentran en movimiento

en todo el tramo de la carretera, sin interrupciones a la circulación. Por consiguiente, si los vehículos llegan a detenerse, será debido a las propias circunstancias del tráfico y no a medidas exteriores, como pueden ser las indicaciones de un semáforo o de un policía de tránsito. La relación fundamental es: intensidad igual a densidad por velocidad media espacial ( $I = DV$ ). Esta relación une, por tanto, las tres magnitudes fundamentales y permite calcular una de ellas (generalmente la densidad) en función de las otras dos.

La intensidad es la característica fundamental de la circulación, ya que permite caracterizar el tipo de circulación en un tramo vial, por lo que es una variable básica en el análisis del tráfico, la velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h) y se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que hay en un tramo de carretera por unidad de longitud para un instante dado. Conociendo el significado de los valores que se han obtenido en campo, los datos necesarios para la comprensión de la investigación el mismo que se presentan en el Anexo E.



## IV RESULTADOS

### 4.1 Análisis de datos

Con el objeto de conseguir una adecuada caracterización de las variables que se registran en la carretera se lleva a cabo una tramificación de la misma a partir de las características del diseño geométrico, las condiciones orográficas, la localización de intersecciones con carreteras de categoría similar y respetando las variaciones de la carretera a lo largo de la misma. Conforme a lo expuesto, se obtienen los siguientes tramos de características homogéneas en los que se van a definir valores como intensidad de tráfico, velocidades, etc., y que quedan definidos por sus progresivas. Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Por ello, se evaluó el adecuado valor de velocidad de diseño y operación; y, sobre todo, se analizó las relaciones de comodidad entre este valor, la curvatura y el peralte. Se determinó la existencia de una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha geometría y la visibilidad y capacidad de reacción, que el conductor tiene al operar un vehículo. (Según y Lovegrove, 2019), las redes de infraestructura de carreteras mejoradas deben estar plenamente financiadas y construidas para la mejora de la visibilidad combinadas con ayudas de comunicación, porque no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta, y a las eventualidades que puedan presentarse. La inspección de seguridad vial, en este punto, tiene por objeto identificar las posibles deficiencias de la carretera

que pueden causar un accidente de tráfico o bien aumentar la gravedad de este una vez que éste ha ocurrido. En este sentido, tanto la inspección en campo como la inspección en gabinete tratan de identificar elementos susceptibles de mejora.

La data de accidentabilidad de los tres últimos años, sirvieron para identificar los tramos de concentración de accidentes, con ello se diseñaron las fichas matriz para la inspección, con ello se fue al campo a efectuar el relevamiento de información así como se identificaron los tramos potencialmente peligrosos, en estos tramos definidos e identificados se identificaron los elementos susceptibles de mejora, para lo cual fue necesario analizar los estudios de velocidad, visibilidad y consistencia del diseño geométrico, para lo cual se aplicaron diferentes metodologías, así como también se complementó con el estudio de los sistemas de contención vehicular y dispositivos de control de tránsito evaluando su funcionalidad, su retroreflectividad, coherencia, la carga de trabajo y el cumplimiento de las especificaciones técnicas tanto de las señales verticales como de las horizontales. Se presenta las actuaciones, en función a los resultados contrastando con material fotográfico y video que ayudaron en la comprensión de la determinación de cada mejora que requiere la infraestructura vial, para lo cual se siguió los siguientes procesos: Con la determinación del tramo con alta peligrosidad, se describieron características que puedan ser causa de accidentes, así como se identificaron los ESM y sus recomendaciones de actuación, lo cual se presenta en los resultados. En función a ello se evaluó el riesgo y se determina las medidas de actuación.

En tal sentido, la investigación de los Estudios de Inspección de Seguridad Vial se elabora en formato problema-recomendación, donde el problema se describe en términos de riesgo de accidente para un tipo de usuario y la recomendación es una medida a aplicar para solucionarlo. La implementación de medidas de mejora a los componentes de la infraestructura vial contribuye

de manera efectiva los niveles de seguridad vial de la infraestructura del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

## **4.2 Contrastación de hipótesis**

### **4.2.1. Hipótesis general**

#### ***Hipótesis alterna:***

Con la aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial y la implementación de los Estudios de Inspección de Seguridad Vial, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

#### ***Hipótesis nula:***

Con la aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial y la implementación de los Estudios de Inspección de Seguridad Vial, no se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

### **4.2.2. Contrastación de las hipótesis específicas.**

#### ***Contrastación hipótesis específica 1 (h1):***

Con la implementación de medidas de mejora según el Manual de Seguridad Vial a los componentes de la infraestructura vial, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

Para verificar las medidas de mejora de la infraestructura vial que afectan a la seguridad vial se desarrollaron los trabajos de campo a fin de evaluar la movilidad y tipología de vehículos que circulan en cada una de estas vías, así mismo se evaluó las condiciones de la infraestructura incluyendo la superficie del pavimento, incluyendo el análisis de las características climáticas. Ahora bien, con la data de los tres últimos años se identificó los tramos de concentración de accidentes, y con ello se diseñaron las fichas para la recolección de la data (tabla 17):

**Tabla 17**

*Diseño y mejora de las infraestructuras – Causas de los accidentes (61% de Choques)*

<b>Infraestructura</b>	<b>Contramedidas aplicadas que han dado resultados.</b>
La causa de los accidentes ha sido principalmente por choque viéndose implicado en 61%	Las características geométricas visibles para conducción de día, de noche y en condiciones climáticas extremas, son un aspecto clave del diseño vial más seguros. Es así como según el análisis de datos de choques muestra que en Australia y Nueva Zelanda casi el 60 y 70% de los choques mortales se producen en los caminos rurales. Los estudios de choques demostraron que el camino es un factor causal en el 30% de todos los choques, y un factor en el resultado de gravedad del 100% de los choques (OMS, 2015).
Relacionados con: Control de accesos	El control del acceso en las carreteras existentes mediante el uso de carreteras de servicio puede ser un dispositivo de seguridad eficaz. Federal Highway Administration (1982, p 4-1) cita varios estudios estadounidenses que muestran que la tasa de accidentes aumenta rápidamente con la densidad de accesos.
Relacionados con: Curvas con sobreancho insuficiente	El control del acceso en las carreteras existentes mediante el uso de carreteras de servicio puede ser un dispositivo de seguridad eficaz. Federal Highway Administration (1982, p4-1) cita varios estudios estadounidenses que muestran que la tasa de accidentes aumenta rápidamente con la densidad de accesos.

Con las contramedidas aplicadas que han dado resultados se fue al campo a efectuar el relevamiento de información, así como se identificaron los tramos potencialmente peligrosos y elementos susceptibles de mejora, se contribuye de manera efectiva los niveles de seguridad vial de la infraestructura, por lo tanto, se acepta la hipótesis específica alterna 1.

***Contrastación hipótesis específica 2 (h2):***

Con la implementación de las recomendaciones según el Manual de Seguridad Vial, a los TCAs, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

Para verificar las medidas de mejora a los TCAs de la infraestructura vial, se desarrollaron los trabajos de campo a fin de evaluar la movilidad y tipología de vehículos que circulan en cada una de estas vías, así mismo se evaluó las condiciones de la infraestructura incluyendo la superficie del pavimento, incluyendo el análisis de las características climáticas. Ahora bien, con la data de los tres últimos años se identificó los tramos de concentración de accidentes, y con ello se diseñaron las fichas para la recolección de la data (tabla 18):

**Tabla 18**

*Diseño y mejora de las infraestructuras–Estudio y diseño geométrico (17.6% de ESM)*

<b>Infraestructura</b>	<b>Contramedidas aplicadas que han dado resultados.</b>
Estudios	Una evaluación reciente realizada a partir de más de 250 000 km de vías de tránsito de 60 países pone de manifiesto que las deficiencias de diseño de las vías son en gran parte responsables de la carga mundial de traumatismos causados por el tránsito. Introducir mejoras en el 10% de vías de mayor riesgo de cada país a lo largo de 20 años, mediante la creación de aceras, barreras de seguridad, carriles para bicicletas y arcones pavimentados, podría prevenir en torno a 3,6 millones de muertes y 40 millones de traumatismos (Road safety manual, 2015).
El diseño geométrico	Para que la causa de accidentes haya sido choques, los componentes de la infraestructura vial como alineamientos horizontal y vertical, y la sección transversal, y los diseños de intersección tiene una fuerte asociación con la ocurrencia y gravedad, este análisis se efectuó en los caminos rurales de Australia y Nueva Zelanda. Por ejemplo, una curva cerrada con un radio de 100 m tiene un mayor riesgo de choque 5.5 veces de las en una sección relativamente sencilla. La gravedad del choque fue

algo más alta en las curvas más suaves, debido principalmente al efecto de velocidades más altas. El riesgo de choque en las curvas está fuertemente asociado con una alta velocidad de aproximación combinado con un cambio de velocidad grande a través de la curva. Por ejemplo, una curva que provoca una reducción de la velocidad de 30 km/h desde una velocidad de aproximación de 100 km/h eleva el riesgo de un choque fortuito por despiste por 5,1 veces. Las deficiencias de peralte en una curva horizontal pueden tener un impacto en el riesgo de choque, con aumento del riesgo relativo de 1,06 para deficiencias de 2%, a 1,15 para las deficiencias de 5% (OMS, 2015). Para Leshner, (2020), los beneficios y riesgos de la tecnología de vehículos automatizados aumenta la seguridad de los peatones y ciclistas, especialmente relevante en el contexto de las tendencias recientes en materia de seguridad vial. Las muertes de usuarios vulnerables de la carretera han aumentado en los últimos años, con tasas cada vez mayores de muertes de peatones y ciclistas por la gravedad de las colisiones debido a la velocidad del vehículo de motor, que afecta directamente a la cantidad de energía cinética transferida durante una colisión.

---

Distancia de visibilidad	Hedman, (1990), da a conocer que el número de accidentes disminuye a medida que la distancia de visibilidad aumenta., especialmente para los accidentes nocturnos. Así mismo indica, que la distancia de visibilidad menor a 200 m es frecuente en curvas horizontales en las que se tienen elevados accidentes.
Distancia de visibilidad en curvas	Transportation Research Board, Washington. DC, (1987). indica la frecuencia de accidentes en un 52% mayores en vías restringidas de visibilidad debida a curvas verticales, en relación con los tramos de control. Neuman y Glennon (1983), en un estudio sobre la detención de la distancia de visibilidad, encontraron que diferentes condiciones geométricas estaban asociadas con peligros.

---

---

Bermas	Traffic Engineering, (1955), en este estudio se ha demostrado una clara reducción de los índices de accidentes, con mayor ancho de acotamiento, en 21.5% para caminos de bajos volúmenes hasta 46.6% para caminos de altos volúmenes. Se notaron las principales reducciones en tramos curvos y tramos con pendiente.
Márgenes	En el estado de Victoria, en Australia, de acuerdo con la base de datos de accidentes por salida de la calzada para el periodo comprendido entre los años 1999 y 2003, las accidentes contra árboles representaron el 37% del total de accidentes seguido por un 20% de accidentes por impacto contra postes y un 10% de accidentes por caídas en taludes de terraplén (OMS, 2015).

---

Al efectuar el relevamiento de información así como se identificaron los tramos potencialmente peligrosos y elementos susceptibles de mejora, para lo cual fue necesario analizar los estudios de velocidad, visibilidad y consistencia del diseño geométrico, se aplicaron diferentes metodologías, así como también se complementó con el estudio de los dispositivos de control de tránsito evaluando su ubicación, las especificaciones técnicas tanto de las señales verticales como de las horizontales, mejorando los niveles de seguridad vial de la infraestructura en los tramos de concentración de accidentes, por lo tanto se acepta la hipótesis específica alterna 2.

***Contrastación hipótesis específica 3 (h3):***

Con la implementación de las recomendaciones según el Manual de Seguridad Vial, a los TPPs, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

Los altos índices de accidentalidad mostrados, se identificaron los tramos potencialmente peligrosos y elementos susceptibles de mejora, para lo cual fue necesario analizar los estudios de velocidad, visibilidad y consistencia del diseño geométrico.

**Tabla 19**

*Diseño y mejora de las infraestructuras – Dispositivos de regulación de tránsito (78.75% de ESM)*

<b>Infraestructura</b>	<b>Contramedidas aplicadas que han dado resultados.</b>
Franjas sonoras	Las franjas y rayas sonoras continuas de banquina, borde y eje reducen eficaz y rentablemente los choques por despistes, frontales y de refilones en los lugares tratados. Pueden aplicarse en muchos kilómetros de caminos rurales. Los estudios documentaron los siguientes beneficios de reducción de choques: i) Reducción de choques del 13% y de lesiones 18% en caminos rurales de dos carriles, ii) Reducción de choques del 16% y de lesiones 17% en caminos rurales divididos, iii) Reducción de choques del 38% por despistes en autopistas (OMS, 2015).
Señalización vertical	Odgen (1996), reporta estudios donde indican la reducción de frecuencia de accidentes oscila entre 20 y 62 %, debido al uso adecuado de la señalización vertical; en cuanto a la severidad de los accidentes, se reportan decrecimientos de 29% de la tasa de fallecidos y 14% en la tasa de lesionados. Cumplimiento de los parámetros de las señales verticales en 61%, necesidad de mantenimiento 8% y reposición inmediata 31%. En el estudio realizado por Nirajan et al. (2020), concluyen que las campañas de educación pública han sido ampliamente utilizadas en la seguridad vial, elaboraron un cartel de seguridad para peatones que apuntaba a la marcha imprudente utilizando varios constructos teóricos a partir de modelos de cambio de comportamiento bien establecidos y se administró un cuestionario para medir sus percepciones sobre el cartel, los resultados mostraron una disminución de los accidentes tras la instalación del póster, puede cambiar el comportamiento de los peatones, además; la importancia de utilizar un marco conceptual bien establecido en la elaboración y ensayo de mensajes de seguridad vial.
Señalización horizontal	Instalación de señales chebrón, señales de advertencia de curva, o balizas intermitentes secuenciales pueden resultar en una reducción de 38-43% de todos los choques mortales y con heridos. Las señales chebrón en curvas



---

horizontales pueden producir una reducción de 16% en choques mortales y con heridos fuera de las intersecciones, la instalación de nuevas señales fluorescente de curva, o la actualización de señales de curva existentes con fluorescente pueden resultar en reducción de 25% en choques mortales y con heridos, no-intersección, la combinación estática de señales de alineamiento horizontal/velocidad aconsejada puede generar una reducción de 13% en todos los choques con heridos, la terminación del pavimento con tratamiento microsuperficial puede provocar una reducción del 43% en todos los choques mortales y con heridas graves. Cumplimiento de los niveles de retroreflectividad: las márgenes de la vía no cumplen en un 78% y el eje central de la vía no cumple en 84% (OMS, 2015).

---

Paraderos de bus	Construcción de paraderos con las dimensiones indicadas en el Manual de Dispositivo del Control de Transito Vigente, permitirá el ordenamiento y de esta forma contribuirá en la reducción de accidentes a causa de esta deficiencia (Manual de carreteras MC-09-16, 2016).
Presencia de vehículos en las márgenes	Afecta directamente a la visibilidad y reduce los anchos de carriles diseñados, considero que esta acción corresponde a trabajo de fiscalización y educación vial Manual de carreteras MC-09-16, 2016).

---

Con el estudio de los dispositivos de control de tránsito evaluando su ubicación, las especificaciones técnicas tanto de las señales verticales como de las horizontales, por lo tanto, se acepta la hipótesis específica alterna 3.

Finalmente, con todos estos trabajos de investigación de campo y gabinete se presenta las siguientes recomendaciones, que va desde la identificación de elementos susceptibles de mejora, planeando su propuesta de intervención en plazos y la ubicación en TCAs y TPPs. La implementación de medidas de mejora a los componentes de la infraestructura vial contribuye de manera efectiva los niveles de seguridad vial de la infraestructura del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú (Anexo D).

### **4.3. Manual de seguridad vial**

El presente Manual es un documento oficial que ofrece las herramientas de gestión necesarias a las autoridades competentes y a los profesionales, los criterios y parámetros técnicos para el desarrollo de planes de seguridad vial, programas de seguridad vial, auditorias de seguridad vial e inspecciones de seguridad vial, desde la etapa de preinversión, inversión y postinversión. Su alcance es de ámbito nacional y cumplimiento obligatorio y debe ser utilizado por las autoridades competentes facilitando la búsqueda de soluciones razonables en el diseño, proceso constructivo y operación de las vías de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. El objetivo principal es contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y su entorno, con el propósito de incrementar la seguridad intrínseca y la calidad de protección de las redes viales (carreteras) en beneficio de todos los usuarios de las vías; no siendo por tanto de su competencia, los aspectos relativos a la seguridad vial del tránsito vehicular terrestre, que es materia de las normas que dicten los respectivos órganos competentes. El Manual está enfocada a que todo accidente de tránsito es evitable, es predecible, porque los factores son conocidos (humano, vehículo e infraestructura), por tanto, estos factores son analizables. El Manual de Seguridad Vial está organizado en capítulos, secciones y cada uno de los cuales están subdivididos en numerales respectivamente. Los capítulos son los siguientes:

Capítulo 1: Generalidades: Describe el propósito y los alcances del Manual, en la identificación de los procedimientos, metodologías y consideraciones relativas a Seguridad Vial a tomarse en consideración y cumplirse en las etapas de los proyectos de infraestructura vial (estudio de factibilidad, diseño preliminar, diseño detallado, construcción, mantenimiento o conservación, operación y otros). Así mismo, contiene la organización del Manual y Glosario de Términos.

Capítulo 2: Aspectos conceptuales: Plantea una visión general de los principios conceptuales en

materia de seguridad vial a nivel internacional y nacional, que deben tenerse en consideración en el comportamiento y actitud humana, frente a los riesgos que de por sí representa el transporte y tránsito terrestre que utiliza la infraestructura vial, a fin de contribuir a la disminución de los accidentes de tránsito que generan pérdida de vidas humanas. Capítulo 3: Interacción entre la infraestructura y la seguridad vial: Siendo la infraestructura uno de los componentes que presenta entre 30% a 35% de los accidentes de tráfico en Europa, es importante mejorar los elementos y/o componentes de la infraestructura vial. Por ello en este capítulo se desarrolla algunas consideraciones que deben tener los especialistas, a tener en cuenta desde la fase de preinversión hasta postinversión. El Manual desarrolla en mayor porcentaje para el ámbito rural, sin dejar de lado el ámbito urbano. El propósito de este capítulo es contribuir de manera efectiva a la reducción del número de accidentes de tránsito. Por ello se analizan cada componente como, por ejemplo:

- Los accidentes y el control de accesos, el alineamiento, la sección transversal.
- Los accidentes y la distancia de visibilidad, y las condiciones de los márgenes de la vía
- Los accidentes y el separador central
- Los accidentes y los puentes y los túneles

Capítulo 4: herramientas de la seguridad vial: Este capítulo se desarrollan las herramientas de gestión, afín de que las autoridades competentes tengan la posibilidad de contribuir en la reducción de accidentes de tráfico, estas herramientas en otros países han permitido reducir los accidentes considerablemente. Por ello es de vital importancia que los especialistas de seguridad vial puedan identificar y desarrollar las consideraciones y disposiciones que en materia de Seguridad Vial que deben adoptarse durante las etapas diseño, construcción y de mantenimiento o conservación y operación de la infraestructura vial, las cuales principalmente están orientadas a

determinar situaciones o elementos que podrían comprometer la seguridad vial. Estas herramientas son:

- Plan de seguridad vial (de ámbito nacional)
- Plan Nacional de seguridad vial (de ámbito nacional)
- Plan estratégico de seguridad vial (de ámbito regional y provincial)
- Planes específicos de seguridad vial (de ámbito local)
- Programas educativos
- Auditorias de seguridad vial (aplicado para los proyectos y vías en ejecución).
- Inspección de seguridad vial (aplicado para vías en servicio y/o operación)

Capítulo 5: Administración de la seguridad vial: Este último capítulo, identifica y desarrolla disposiciones sobre la administración de la seguridad vial, con 8 pasos básicos, que van desde la recolección de datos y evaluación de la red vial, hasta cálculos de evaluación de efectividad y priorización de proyectos, con análisis y diagnóstico, para proceder a disponer de un método predictivo. Anexos: Manual de Seguridad Vial se presenta consideraciones técnicas normativas que complementan a la normatividad vigente: Fichas generales para Auditoría e Inspección de Seguridad Vial, ficha para Auditoría de Seguridad Vial, ficha para Inspección de Seguridad Vial, Mejora para diseño de vías seguras, Sistema de contención de vehículos tipo barreras de seguridad, Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC).

Conclusión: Los requerimientos que brinda este Manual constituyen información fundamental que sirve de base al juicio técnico del profesional de la ingeniería. No obstante, se requiere justificar y documentar técnicamente las determinaciones tomadas en cada proyecto.

## V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En diferentes estudios internacionales demuestran que el factor infraestructura interviene en aproximadamente en 28% (RTNSW, 1996) de los siniestros viales, en las vías específicas en estudio se desarrolló en función al cumplimiento de las condiciones mínimas establecidas en el Manual de Diseño Geométrico (MC-02-18, 2018), como se sabe los Manuales establecen los parámetros mínimos y tradicionales. En este caso las vías en específico el 23% de la siniestralidad se ha visto involucrado el factor infraestructura, para mejorar las condiciones de seguridad en la infraestructura vial desde el diseño, construcción y mantenimiento se necesita contar con normas técnicas más flexibles que desafíen las normas tradicionales y permitan a los profesionales innovar en los proyectos.

Es así que la movilidad también influyen directamente en las siniestralidad, como la congestión de la Carretera Central es uno de los problemas más críticos y la exposición a eventos climáticos extremos como la presencia del fenómeno El Niño hace de esta vía sea altamente riesgoso, la variante de pasamano es una vía expuesta a nieblas densas en la gran parte del año y con pendientes pronunciadas en los accesos, hace de esta vía altamente peligroso, por otro lado la variante de pasamayo presenta una orografía accidentada con 52 tramos curvos en 25 km y con problemas de arenamiento y presencia de neblina hacen que sea una vía de alta peligrosidad ya que no perdona un solo error humano. Por tanto, es fundamental que en las vías en estudio se debe considerar pavimentar las bermas como una parte integral de la estructura de pavimento debido a que favorece considerablemente en la seguridad vial, ya que no solo contribuye al incremento de tipo de vida del pavimento, sino además de pavimentar las bermas hacemos que estas bermas cuente con cuñas de seguridad de 30 ° lo cual permitirá redireccionar al vehículo que podría tener un vuelco y si a ello lo sumamos superficies de pavimento con alta fricción podremos contribuir

en accidentes en tramos curvos por aquaplanic, tal como lo indica el Manual de Seguridad Vial (MC-10-17, 2017).

Las experiencias internacionales como las efectuadas en el año 1997, Transit New Zealand revisó los niveles pavimento antideslizante y posteriormente publicó los hallazgos en un informe titulado "Niveles de resistencia al deslizamiento de la carretera húmeda de investigación para la red de carreteras estatales de Nueva Zelanda". El informe concluyó que la implementación de una política de resistencia al deslizamiento sugiere la siguiente relación de costos de BC para tratamientos de HFS de 40, con resultados favorables para tramos curvos y pendientes pronunciadas. Los estudios previos y posteriores a la implementación de la política de resistencia al deslizamiento mostraron que se había producido una reducción significativa del 30% en la tasa de accidentes en carreteras mojadas. En la investigación realizada por Chou, C., Lee, C., Chen, A. y Wu, C. (2017), indican que la resistencia al deslizamiento es una de las principales mediciones utilizadas para evaluar la seguridad vial. La medición de la textura de la superficie del pavimento puede servir como indicador de detección para filtrar las secciones de pavimento de alto riesgo para una mayor resistencia al deslizamiento. Para Karballaezadeh et al. (2020), los sistemas tradicionales de inspección de carreteras basados en el índice de condiciones de pavimento (PCI) a menudo se asocian con problemas críticos de seguridad, energía y costos. Alternativamente, los modelos propuestos utilizan datos de deflexión superficial procedentes de pruebas de deflectómetro de peso descendente (FWD) para predecir el PCI.

En cuanto a las demarcaciones, las redes viales deben cumplir con los niveles establecidos en Las Especificaciones Técnicas de Pinturas de Obras Viales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MC-12-13, 2013), el cual presenta los requerimientos generales y los parámetros de control generales, así como los protocolos de control. De acuerdo, a la particularidad del tramo

en estudio y resultado del estudio de retroreflectiva se tiene que en un 84.47% no cumplen con los índices de retroreflectividad indicadas en las especificaciones técnicas (geometría 30m, coeficiente mínimo de retroreflectividad 230mcd.lx-1m-2 y 175 mcd. lx-1m-2 y repintado 80 mcd.lx-1m-2, blanca y amarilla).

Por otro lado, de acuerdo al estudio denominado Nighttime Safety and Pavement Marking Retroreflectivity on Two -Lane Highways: Revisited with North Carolina Data, efectuado por Paul et al. (2014), demuestran en condición seca, que con línea base de blanco de 300mcd.lx-1m-2 y 200mcd.lx-1m-2 , incrementando a 350mcd.lx-1m-2 en blanco y 225 mcd.lx-1m-2 de color amarillo, con ello se puede reducir hasta 14.8% de los accidentes y si a ello aumentamos a 500mcd.lx-1m-2 en blanco y 350 mcd.lx-1m-2 de color amarillo y repintamos a 250mcd.lx-1m-2 y 175mcd.lx-1m-2 se tiene una reducción de accidentes hasta 28.3%. Además, según el Reporte FHWA, (2015), de evaluación de seguridad de marcas viales con retroreflectividad en húmedo, demuestran que se puede reducir hasta en un 46% la reducción de colisiones por salida de pista de carretera multicarril, en 41% se reduce los accidentes con lesiones en carretera multicarril y hasta en un 12% de reducción de accidentes con lesiones en vías rápidas, ello se logra con la implementación de elementos cerámicos con índices de refracción de 1.9 y 2.4.

Marchant et al. (2020), estimaron que el efecto que tuvo una nueva iluminación redujo las colisiones de tráfico en la carretera (RTC). Analizaron una serie cronológica de 9 años de conteos semanales de lesiones personales RTC en 132 zonas de la ciudad utilizando modelos multinivel. La tasa de RTC durante un período completo de 24 horas fue el resultado primario; las tasas de RTC de oscuridad y luz diurna fueron secundarias. Los coeficientes dentro del área para el efecto de iluminación amplia fueron positivos; al aumentar el número de lámparas brillantes en un área,

también lo hizo la tasa de RTC. Determinó que la introducción de un alumbrado de carretera más brillante puede haber puesto en peligro la seguridad en lugar de reducir los daños.

El tramo en estudio no cumple con los niveles de retroreflectividad establecidos en las Especificaciones Técnicas de Pinturas para obras Viales, asumimos que la demarcaciones tienen menor tiempo de duración por el tipo de pintura usado como base solvente de agua o acrílica, sin embargo como la vía tiene una IMD alta y presenta diferentes niveles de precipitación se sugiere el uso de las siguientes series: en todos los tramos del estudio de la vía incluyendo los Tramos de Concentración de Accidentes y Tramos Potencialmente Peligroso se recomienda como primera alternativa el uso de retroreflectividad balanceada en condiciones húmedas y secas 50% IR 1.9/2.4, para reflectividad alta en condiciones húmedos 80% IR 2.4 y 20% IR 1.9 y como segunda alternativa el uso de reflectividad en humedad continua o total IR 2.4. así como aumentar los anchos de los marcados de 0.10 cm hasta 0.20 cm.



## VI CONCLUSIONES

- Entre los principales problemas identificados en relación con la infraestructura vial son: discontinuidad e insuficientes sistemas de contención vehicular, accesos y salidas sin canalización, escasa longitud para cambios de velocidad, curvas con radios de curvaturas escasos, sobrecanchos insuficientes, visibilidad deficiente y ubicación de accesos en tramos curvos, percepción deficiente de los dispositivos de control de tránsito, etc.
- Sobre los problemas de seguridad vial que se han identificado a lo largo de las carreteras han conformado los Elementos Susceptibles de Mejora (ESM) que se registran un 78.75% relacionado con dispositivos de control de tránsito (señalización vertical: en 59% no requieren intervención, 10% requiere mantenimiento y 31% requieren reposición inmediata; en cuanto a la señalización horizontal el 89.33% no cumplen con los niveles de retroreflectividad, asimismo la infraestructura interactúa con la seguridad vial en un 17.5%, como se tiene problemas en el ordenamiento de movimientos en las intersecciones de 1.5 % y también tenemos debilidad del sistema de contención vehicular en 2.25%.
- Se han identificado entre las carreteras estudiadas el porcentaje de implementación del plan de mejora de en los TCAs y TPPS como actuaciones a corto plazo sin expediente 63.5% y con expediente 34%, con actuaciones a mediano plazo sin expediente 56 % y con expediente 9.75%, y actuaciones a largo plazo 18.25%, el costo para la implementación de actuaciones, para incrementar los niveles de seguridad vial en las carreteras PE-1N de variante de pasamayo del km 38+000 al km 100+000, requiere un costo promedio de S/.34,004,359.01 para TCAs y 5, 898,548.71 para PPTs y S/.658,111.41 por km de carretera, el costo de la carretera PE-1NA pasamayo del km 00+000 al km 25+000, requiere un costo promedio de S/.5,401,229.84 para TCAs y 8,714,226.31 para PPTs y S/.564,618.25 por km de carretera, el costo de la carretera

PE-22 carretera central del km 55+000 al km 145+000, requiere un costo promedio de S/.16,363,914.20 para TCAs y 6,264,308.86 para PPTs y S/.251,424.70 por km de carretera y el costo de la carretera PE-3S del km 00+000 al km 25+000, requiere un costo promedio de S/.5,061,129.44 para TCAs y 1,003,826.07 para PPTs y S/.242,598.22 por km de carretera, según los datos analizados, en los accidentes registrados en las carreteras estudiados aparece el factor humano asociado en un 93%, el factor infraestructura en 23%, el factor vehículo aparece asociado en casi el 2% de los accidentes registrados.

## VII RECOMENDACIONES

- Según todo lo definido y analizado en el presente estudio, y siguiendo todos los principios definidos en la normativa vigente, de cara a la ejecución e implementación, se recomienda mejorar las bases de datos de accidentes y desarrollar e instalar aplicaciones informáticas de gestión avanzada de la accidentalidad que permitan obtener mayor rendimiento de la información relacionada con accidentes, tráfico y red vial.
- Se recomienda incrementar, las actuaciones de fiscalización del cumplimiento de los límites de velocidad y de la tasa de alcohol permitida en conductores, especialmente en fechas que coincidan con festivos locales. En este sentido, es importante potenciar la importancia del cuarto factor fundamental para una eficiente gestión de la seguridad vial (además del factor humano, vehículo e infraestructura), que es el factor Legal e institucional donde, es de especial importancia la fiscalización de la legislación.
- Para la reducción de los siniestros viales, al ser el factor humano involucrado en mayor porcentaje es importante que todas las áreas y agentes implicados deben efectuar talleres y campañas, para todos los usuarios involucrados. Asimismo, es urgente de formar profesionales certificados para la realización de los estudios de Inspección y Auditoría de Seguridad Vial, así como actualizar los documentos técnicos normativos relacionados con seguridad vial haciéndolos más flexibles, a además de ello se necesita desarrollar una política nacional de seguridad vial clara que definan las actuaciones de cada unidad orgánica, finalmente es esencial priorizar el estudio de costo de vida por accidentes para Perú.

## VIII REFERENCIAS

- AASHTO, 1994. American Association of State Highway and Transportation Officials. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Academic Press, Washington, D.C.
- Ambros, J., Turek, R., Brich, M. y Kubeček, J. (2019). Safety assessment of czech motorways and national roads. *European Transport Research Review*, 11(1), 1.
- Bjorketun, U., 1982. Road alignment and the predication of accidents on the basis of alignment data for roads planned and/or built during the 1950, 1960 and 1970. *VTI Meddelande*, pp: 641.
- Brude, U., J. Lassen and H. Thulin, 1980. Influence of road alignment on traffic accidents. *VTI Meddelande*, pp: 235.
- Chairit, W. y Ansgar, T. (2020). Distributed control system architecture for balancing and stabilizing traffic in the network of multiple autonomous intersections using feedback consensus and route assignment method.
- Chavarry Vallejos, C., y Rojo Gutiérrez, M. (2019). Correspondencia de procesos para optimizar costos en edificios multifamiliares en Perú. *Pro Sciences*, 3(29), 50-64.
- Chou, C., Lee, C., Chen, A. y Wu, C. (2017). Using a constructive pavement texture index for skid resistance screening. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10(4), 360-368.
- Colonna, P., Intini, P., Berloco, N. y Ranieri, V. (2018). Integrated american-european protocol safety interventions on existing two-lane rural roads. *European Transport Research Review*, 10(1), 1-21.

- Denmark, 1981. The roads directorate 4.30.01 traffic engineering roads and path types. Catalogue of Types for New Road and path in Rural Areas. The Technical Committee on Road Standards. Copenhagen.
- DIRETIC (2017). Plan estratégico nacional de seguridad vial (2017 – 2021) PNP/DIREST-DIVREPRO-REGIONES PNP. Documento prospectivo desarrollo de la fase de análisis prospectivo.
- DIRPEP – DIVEST – UP (2013). Seguridad Vial en el Mundo, Diagnostico, Estadística y Perspectivas en el Perú. Policía Nacional del Perú – Estado Mayor General/ DIRPEP Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- European transport safety council (April 7, 2006). Road Accident Data in the Enlarged European Union.; Publications Road Accident Data in the Enlarged European Union.
- Federal Highway Administration (1982). Lista de investigaciones de la Administración Federal de Carreteras de informes en línea y publicaciones técnicas, (pág. 4-1).
- FHWA, (2000). Safety FHWA-SA-00-051. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.
- Garber, N.J. and L.A. Hoel, 2009. Transportation and Highway Engineering. 4th Edn., University of Virginia, Charlottesville, USA.
- Glennon, J. (1985). Effect of Alignment on Highway Safety, Relationship between Safety and Key Highway Features. SAR 6, TRB Ltd., Washington, D.C., pp: 48-63.
- Glennon, J. (1987). Effect of Pavement/Shoulder Drop-offs on Highway Safety in State of the Art Report Number 6: Relationship Between Safety and Key Highway Features. Transportation Research Board Ltd., Washington, D.C., pp: 1-21.

- Glennon, J., Newman, T. y Leisch, J. (1985). Safety and operational considerations for design of rural highway curves. Report No. FHWA/RD-86-035, Federal Highway Administration. U. S. Department of Transportation.
- Global status report on road safety (2018). Creative Commons Attribution NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO licence (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>).
- Hearne, R., 1976. Selected Geometric Elements and Accident Densities on the National Network. Environmental Research Unit, Dublin.
- Hedman, K.O., 1990. Road design and safety. Proceedings of the Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents. Gothenburg, VTI Report 315A.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. McGraw-Hill Interamericana Editores. DF., México.
- Hoban C.J., 1988. Selecting appropriate geometric standards for rural road improvements. Australian Road Research Board Internal Report AIR 456-1. (ARRB, Melbourne).
- Hughes, W.E., 1995. Safety and Human Factors. Transportation Research Board Ltd., Boston.
- INEI. (2015). IV censo nacional de comisarías 2015. Instituto Nacional de estadística e informática. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-18555.
- Karballaezadeh, N., Zaremotekhas, F., Shamshirband, S., Mosavi, A., Nabipour, N., Csiba, P. y Várkonyi-Kóczy, A. (2020). Intelligent road inspection with advanced machine learning; hybrid prediction models for smart mobility and transportation maintenance systems. *Energies*, 13(7), 1718.
- Kilanitis, I. y Sextos, A. (2019). Integrated seismic risk and resilience assessment of roadway networks in earthquake prone areas. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(1), 181.

- Krammes, R.A., R.Q. Braker, M.A. Shafer, J.L. Ottesen and I.B. Anderson et al., 1993. Horizontal alignment design consistency for rural 2-lane highways. Report FHWA-RD94-034. FHWA, U.S. Department of Transportation.
- Lamm R., Beck A., and Zumkeller A. (2000) “Analysis and evaluation of interrelationships between traffic safety and highway geometric design on two-lane rural roads”, Proceedings of 2nd International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Germany, pp. 557 – 570.
- Leshner, E., Boyd, N. y Grossman, A. (2020). Safeguarding safety for road users now while planning for an automated future. Institute of Transportation Engineers. ITE Journal, 90(4), 44-49.
- Ley N° 27181, Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre
- Mafre, (2007). Medidas baratas antiaccidentes. Dirección de Carreteras y Fundación Mafre
- Manual de Carreteras MC-02-18, (2018). Diseño Geometrico (DG-2018) - RD N° 03-2018-MTC/14 (30.01.2018). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - Dirección de Normatividad Vial. Edición Lima.
- Manual de carreteras MC-09-16, (2016). Dispositivos del Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, RD N° 16-2016-MTC/14 (31.05.2016). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - Dirección de Normatividad Vial. Edición Lima.
- Manual de Carreteras MC-10-17 (2017). Seguridad Vial - RD N° 05-2017-MTC/14 (01.08.2017). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - Dirección de Normatividad Vial. Edición Lima.

- Manual de carreteras MC-12-13, (2013). “Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales” - Resolución Directoral N° 851-13-MTC/14 Ministerio de transporte y comunicaciones - Tomo 1. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - Dirección de Normatividad Vial. Edición Lima.
- Marchant, P., Hale, J. y Sadler, J. P. (2020). Does changing to brighter road lighting improve road safety? multilevel longitudinal analysis of road traffic collision frequency during the relighting of a UK city. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 74(5), 467.
- Martinez, S., Sanchez, R. y Yañez-Pagans, P. (2019). Road safety: Challenges and opportunities in latin america and the caribbean. *Latin American Economic Review*, 28(1), 1-30.
- Mejía, E. (2005). Metodología de la investigación científica, Centro de Producción Editorial e Imprenta de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Primera edición, Lima – Perú
- Ministerio del Interior -MININTER- Dirección de Gestión en Tecnología de la Información y Comunicaciones. Extraído INEI, 2010.
- Muir, C., Johnston, I. R., y Howard, E. (2018). Evolution of a holistic systems approach to planning and managing road safety: The victorian case study, 1970–2015. *Injury Prevention*, 24.
- Neuman, T. y Glenon, J. (1983). Cost-effectiveness of improvements to Stopping-Sight-Distance Safety problems. *Transportation Research Record* 923. TRB, National Research Council, Washinton, DC.
- Nirajan, S., Tay, R., y Stasinopoulos, P. (2020). Development, testing, and evaluation of road safety poster to reduce jaywalking behavior at intersections. *Cognition, Technology y Work*, 22(2), 389-397.
- Nofuentes J., (1996). “señalización horizontal” en el curso de Auditores de Seguridad Vial (la Coruña el 29 de noviembre de 2008).



- O'Conneide, D. and N. McAuliffe, 1993. Comparison of road design standards and operational regulations in EC and EFTA countries. Deliverable 8, EU DRIVE II Project.
- Ogden, K. (1996). Safer roads: a guide to road safety engineering. ISBN 978-0291398291, Avery Technical, Aldershot, Inglaterra.
- OMS, (2015). Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, Naciones Unidas.
- OOGPP (2018). El Anuario Estadístico 2015 ha sido elaborado por la Oficina de Estadística del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Edición 2018.
- Paul J., Carison, Avelar, R., Eun, S. y Dong, H. (2014). Nighttime Safety and Pavement Marking Retroreflectivity on Two-Lane Highways: Revisited with North Carolina Data, efectuado por. Texas A&M Transportation Institute.
- Perez Zuriaga, A. M., Garcia Garcia, A., Camacho-Torregrosa, F. J., & D'Attoma, P. (2010). Modeling operating speed and deceleration on two-lane rural roads with global positioning system data. Transportation Research Record, 2171, 11-20.
- Road safety manual, (2015): a manual for practitioners and decision makers on implementing safe system infrastructure. París, World Road Association, 2015.
- RTNSW, (1996). New South Wales Roads and Traffic Authority. Factores que contribuyen a la generación de accidentes. Adaptado de "New South".
- Shoji, T., y Lovegrove, G. (2019). Integrating communication with conspicuity to enhance vulnerable road user safety: ArroWhere case study. Sustainability, 11(10)
- Sierra, F. (6 de mar. de 2019). Camino smasomenos seguros - resumen magazine. <http://ingenieriadeseuridadvial.blogspot.com/2013/04/glennon-john.html>.

- SINAC, (2013). Sistema Nacional de Carreteras. Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) - MTC – Perú
- Speier, G., P.E. y Campos, J. (2019). Road safety Audits/Inspections: A promise unfulfilled. Institute of Transportation Engineers. ITE Journal, 89(11), 43-49.
- Traffic Engineering, (1955). Revista del Instituto de Ingenieros de Tránsito, Washington, D. C., dic. 1955, pag 114.
- Transit New Zealand, (1997). Niveles de resistencia al deslizamiento de la carretera húmeda de investigación para la red de carreteras estatales de Nueva Zelanda.
- Transportation Research Board, 1987. Designing safer roads, practices for resurfacing, restoration and rehabilitation. SRB 214, Washington, D.C.
- UNE-EN 1317-1:2011 (2011). Sistemas de contención para carreteras. Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo.
- Zegeer, C.V. and J.A. Deacon, 1987. Effect of lane width, shoulder width and shoulder type on highway safety. State of the Art Report 6, Transportation Research Board, Washington DC, pp: 1-21.
- Zegeer, C.V., J. Stewart, F. Council and D. Reinfurt, 1991. Cost-effective geometric improvements for safety upgrading of horizontal curves. Report No. FHWA-RD-90-021, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

**IX ANEXOS**

<b>Anexo A</b>	Matriz de consistencia	146
<b>Anexo B</b>	Resultados de los ESM en los TCAs y TPPs	148
<b>Anexo C</b>	Recomendaciones para la implementación de medidas de mejora en las infraestructuras viales	165
<b>Anexo D</b>	Evaluación de la red vial en campo y resultado de los estudios	172
<b>Anexo E</b>	índice de severidad de la red vial nacional (2013-2016)	205
<b>Anexo F</b>	Conclusiones por tramos de la red vial en investigación	206
<b>Anexo G</b>	Recomendaciones de mejora por tramos de la red vial en investigación	208

<b>Anexo A</b>				
Matriz de consistencia				
<b>Herramientas del Manual de Seguridad Vial, para realizar las inspecciones, en el Sistema Nacional de Carreteras del Perú</b>				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	<b>Variable Dependiente:</b> Número de accidentes de tránsito Indicadores Número de muertos/km Número de heridos/km Daños materiales/km <b>Variables Independientes:</b> Diseño Geométrico Velocidad de operación Dispositivos de control Sistemas de contención vehicular. Superficie de rodadura. Indicadores Km/hora Metros. Metros – Porcentaje. Milímetro IRI	Esta es una investigación aplicada. El diseño de investigación es de tipo no experimental, transversal y descriptivo – correlacional. El método es deductivo, porque reconoce e identifica las variables de estudio.
¿De qué manera las herramientas del Manual de Seguridad Vial en la elaboración de estudios de inspección de seguridad vial, se relaciona en la reducción del número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú?	Aplicar las herramientas del Manual de Seguridad Vial en la elaboración de estudios de inspección de seguridad vial, para reducir el número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.	Con la aplicación de las herramientas del Manual de Seguridad Vial y la implementación de los Estudios de Inspección de Seguridad Vial, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
¿De qué manera los componentes de la infraestructura vial del Manual de Seguridad Vial, se relaciona de manera efectiva en la disminución del número de accidentes de tránsito?	Identificar los componentes de la infraestructura vial del Manual de Seguridad Vial, que contribuyen de manera efectiva, en la reducción de siniestros viales del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.	Con la implementación de medidas de mejora según el Manual de Seguridad Vial a los componentes de la infraestructura vial, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.		
¿En qué medida los Tramos de Concentración de accidentes (TCAs) según el Manual de Seguridad Vial, se relaciona en la reducción del número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú?	Identificar los elementos susceptibles de mejora según el Manual de Seguridad Vial, evaluar sus deficiencias y recomendar las actuaciones por prioridad en los TCAs, que contribuyen de manera efectiva, en la reducción de siniestros viales del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.	Con la implementación de las recomendaciones según el Manual de Seguridad Vial, a los TCAs, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.		
¿En qué medida los Tramos Potencialmente Peligrosos (TPPs) según el Manual de Seguridad Vial, se relaciona en la reducción del número de accidentes de tránsito, en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú?	Identificar los elementos susceptibles de mejora según el Manual de Seguridad Vial, evaluar sus deficiencias y recomendar las actuaciones por prioridad en los TPPs, que contribuyen de manera efectiva, en la reducción de siniestros viales del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.	Con la implementación de las recomendaciones según el Manual de Seguridad Vial, a los TPPs, se reducirá los accidentes de tránsito en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.		

## Anexo B

### Resultados de los ESM en los TCAs y TPPs

Implementación de medidas de mejora a los componentes de la infraestructura vial contribuye de manera efectiva los niveles de seguridad vial de la infraestructura del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.

#### **Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000:**

La formulación de las propuestas se realiza para los elementos susceptibles de mejora identificados. En este sentido se están proponiendo medidas relacionadas con los siguientes aspectos.

#### **Tipos de ESM identificados**

Tipo de ESM	ESM identificados
Delineadores	7
Delineador ausente	3
Delineador ausente, curva	1
Delineador horizontal ausente	1
Demarcación horizontal en mal estado o no adecuada para el tramo	2
Demarcación horizontal	4
Demarcación horizontal en mal estado	1
Demarcación horizontal ausente	1
Reflectometría horizontal por debajo del umbral mínimo	2
Dispositivos control tránsito	104
Dispositivos de control del tránsito no adecuado	1
Regulación semafórica ausente, paso de peatones	3
Señal vertical ausente	11
Señal vertical ausente, fin carril adicional	1
Señal vertical ausente, Paradero BUS	10
Señal vertical ausente, velocidad máxima	2
Señal vertical no adecuada	1
Señal vertical ausente, curva a la derecha	1
Señal vertical ausente, curva a la derecha, margen izquierdo	11
Señal vertical ausente, curva a la izquierda, margen izquierdo	4
Señal vertical ausente, fin carril adicional	4
Señal vertical ausente, fuerte pendiente en descenso, margen izquierdo	1
Señal vertical ausente, Incorporación	1
Señal vertical no adecuada, bifurcación	1
Señal vertical no adecuada, preseñalización bifurcación	1
Señal vertical ausente, margen izquierdo	2
Señal vertical ausente, velocidad máxima	1
Señal vertical ausente, velocidad máxima, margen izquierdo	34
Señal vertical no adecuada	13
Señal vertical no adecuada, control velocidad	1
Pavimento	1
Pavimento en mal estado	1
Fenómenos atmosféricos	2
Zona neblina, Señal vertical no adecuada	1
Zonas neblina, Señal vertical no adecuada	1
Ordenación movimientos	33
Canalización previa al peaje	1
Canalización salida peaje	1
Cruce peligroso, volteo en U	1
Giros a la izquierda peligrosos, intersección, velocidad alta	1
Glorieta	1
Intersección camino tierra, Accesos peligrosos	14
Intersección camino tierra, Cruces peligrosos	13
Prioridad de paso, óvalo	1
Ordenación movimientos y presencia usuarios vulnerables	1
Giros a la izquierda peligrosos, paso de peatones	1
Presencia de talud - obstáculo	27

Obstáculos en el margen	1
Presencia de calzada paralela a la vía	1
Presencia de calzada paralela a la vía	1
Presencia de obstáculo en margen	22
Presencia de obstáculo en mediana	1
Presencia de talud en margen izquierdo	1
Presencia usuarios vulnerables	14
Presencia usuarios vulnerables en margen	1
Usuarios vulnerables	5
Usuarios vulnerables en margen	5
Usuarios vulnerables en mediana	1
Usuarios vulnerables en mediana y margen	1
Paradero BUS, ausencia vereda peatonal	1
Sección transversal	22
Acondicionamiento vía de servicio	11
Carril de aceleración ausente	2
Carril de aceleración de longitud insuficiente	2
Cuña de aceleración ausente	1
Cuña de aceleración/deceleración de longitud insuficiente	5
Estacionamiento irregular de vehículos pesados, curva vertical	1
Sistema de contención vehículos	20
Sistema contención vehículos no adecuado, separador central	8
Sistema contención vehículos ausente	1
Sistema de contención de vehículos no adecuado	11
Zonas urbanas, comerciales, etc.	6
Zona urbana/comercial	6
Señalización vertical	2
Señal vertical no adecuada para las condiciones existentes en la vía	2
Señalización vertical con necesidades de conservación	31
Señal vertical I-34	1
Señal vertical I-5	1
Señal vertical I-5A	3
Señal vertical P-10A	1
Señal vertical P-14A	1
Señal vertical P-2A	3
Señal vertical P-2B	4
Señal vertical P-33	1
Señal vertical P-49	1
Señal vertical P-53	1
Señal vertical R-10	2
Señal vertical R-27	1
Señal vertical R-30	4
Señal vertical R-30-4	1
Señal vertical R-6	2
Señal vertical P-16A	1
Señal vertical P-48	1
Señal vertical R-8A	1
Señal vertical P-24	1
Señalización vertical en mal estado de conservación	113
Señal vertical I-20	2
Señal vertical I-34	2
Señal vertical I-5	3
Señal vertical I-5A	2
Señal vertical I-6	1
Señal vertical P-15	1
Señal vertical P-16A	2
Señal vertical P-22	2
Señal vertical P-2A	10

Señal vertical P-2B	7
Señal vertical P-33	1
Señal vertical P-46	5
Señal vertical P-48	7
Señal vertical P-49	6
Señal vertical P-4A	1
Señal vertical P-55	4
Señal vertical P-53	1
Señal vertical P-56	5
Señal vertical P-D	2
Señal vertical R-10	7
Señal vertical R-2	6
Señal vertical R-21	3
Señal vertical R-27	2
Señal vertical R-30	15
Señal vertical R-30-4	3
Señal vertical R-45	6
Señal vertical R-6	1
Señal vertical P-19	1
Señal vertical P-20	1
Señal vertical R-9	4

<b>Total, general</b>	<b>387</b>
-----------------------	------------

Comentario: De las medidas propuestas en los ESM identificados, el 72% se encuentra relacionado con los dispositivos del control de tránsito y elementos de seguridad vial (señalización vertical, señalización horizontal, sistemas de contención vehicular) en 22% se relaciona con la infraestructura (pavimento, clima, las intersecciones, márgenes, sección transversal) y el 6% se relaciona con ordenamiento de usuarios que tienen debilidad en el uso de la infraestructura, por tanto como se puede visualizar la mayor proporción son medidas que no implican expediente técnico.

Tipo ESM	Sin expdte.	Con expdte.
Delineadores	7	
Demarcación horizontal	3	
Dispositivos control tránsito	103	1
Fenómenos atmosféricos	2	
Ordenación movimientos	4	29
Ordenación movimientos y presencia usuarios vulnerables		1
Presencia de talud - obstáculo	25	1
Presencia usuarios vulnerables	2	12
Sección transversal	1	22
Sistema de contención vehículos	18	2
Zonas urbanas, comerciales, etc.		6
Señalización vertical	2	
Señalización vertical con necesidades de conservación	31	
Señalización vertical en mal estado de conservación	114	
Pavimento	1	
<b>Total, general</b>	<b>313</b>	<b>74</b>

Comentario: de la tabla de elementos susceptibles de mejora se puede verificar que, el 94% de las actuaciones no requieren expediente técnico y el 19% de actuaciones necesitaría expediente técnico.

#### Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000:

La formulación de las propuestas se realiza para los elementos susceptibles de mejora identificados. En este sentido se están proponiendo medidas relacionadas con los siguientes aspectos.

#### Tipos de ESM identificados

Tipo de ESM	ESM identificados
Dispositivos control tránsito	22
Curva peligrosa	5
Demarcación horizontal sin resaltos	1

<b>Tipo de ESM</b>	<b>ESM identificados</b>
Señal vertical ausente	13
Señal vertical ausente, demarcación horizontal ausente	1
Señal vertical ausente, Paradero Bus	2
Ordenación movimientos	4
Intersección camino secundario, Accesos peligrosos	2
Intersección camino tierra, Accesos peligrosos	2
Presencia de talud - obstáculo	24
Arenamiento	1
Presencia de obstáculo en margen	22
Presencia de obstáculos en márgenes	1
Sección transversal	6
Acondicionamiento vía de servicio	3
Carril de aceleración no señalizado	1
Carril de deceleración ausente	1
Carril de deceleración de longitud insuficiente	1
Sistema de contención vehículos	19
Sistema de contención de vehículos no adecuada	10
Sistema de contención de vehículos no adecuado	4
Sistema de contención no adecuado	1
Sistema de contención vehículos no adecuado	4
Zonas urbanas, comerciales, etc.	2
Zona urbana/comercial	2
Señalización vertical en mal estado de conservación	106
Señal vertical I-5	1
Señal vertical I-5A	4
Señal vertical NSEM	2
Señal vertical P-1A	1
Señal vertical P-1B	3
Señal vertical P-2A	10
Señal vertical P-2B	7
Señal vertical P-37	3
Señal vertical P-48	3
Señal vertical P-4A	5
Señal vertical P-4B	3
Señal vertical P-51	2
Señal vertical P-5-1	11
Señal vertical P-5-1A	2
Señal vertical P-56	1
Señal vertical P-58	1
Señal vertical P-D	2
Señal vertical R-10	1
Señal vertical R-15	2
Señal vertical R-16	8
Señal vertical R-2	2
Señal vertical R-22	1
Señal vertical R-23	1
Señal vertical R-27	4
Señal vertical R-30	15
Señal vertical R-37	1
Señal vertical R-39	2
Señal vertical R-40	1
Señal vertical R-44	1
Señal vertical R-45	5
Señal vertical R-46	1
Señalización vertical con necesidades de conservación	22
Señal vertical I-5A	1
Señal vertical P-2A	3
Señal vertical P-2B	5



Tipo de ESM	ESM identificados
Señal vertical P-37	1
Señal vertical P-4A	2
Señal vertical P-5-1	4
Señal vertical R-15	1
Señal vertical R-16	1
Señal vertical R-23	1
Señal vertical R-30	2
Señal vertical R-45	1
Demarcación horizontal	4
Demarcación horizontal en mal estado o no adecuada para el tramo	2
Reflectometría horizontal por debajo del umbral mínimo	2
Señalización vertical	2
Señal vertical no adecuada para las condiciones existentes en la vía	2
Fenómenos atmosféricos	1
Zonas neblina, Señal vertical no adecuada	1
<b>Total, general</b>	<b>212</b>

Comentario: de las medidas propuestas en los ESM identificados, el 74% se relaciona con dispositivos del control de tránsito, seguida de mejoras de la infraestructura vial en 17% y 9% se relaciona con sistemas de contención vehicular, además de ello se puede identificar que, la mayor proporción son medidas que no implican expediente técnico.

Tipo ESM	Sin expdte.	Con expdte.	Total
Dispositivos control tránsito	22		22
Ordenación movimientos		4	4
Presencia de talud - obstáculo	23	1	24
Sección transversal	1	5	6
Sistema de contención vehículos	18	1	16
Zonas urbanas, comerciales, etc.		2	2
Señalización vertical en mal estado de conservación	106		106
Señalización vertical con necesidades de conservación	22		22
Demarcación horizontal	4		4
Señalización vertical	2		2
Fenómenos atmosféricos	1		1
<b>Total, general</b>	<b>199</b>	<b>13</b>	<b>212</b>

Comentario: de las medidas propuestas en un 94% para la implementación de las medidas no se requiere expediente técnico.

#### Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000:

La formulación de las propuestas se realiza para los elementos susceptibles de mejora identificados. En este sentido se están proponiendo medidas relacionadas con los siguientes aspectos.

#### Tipos de ESM identificados

Tipo de ESM	ESM identificados
Demarcación horizontal	24
Adelantamiento permitido en aproximación a puente	1
Demarcaciones horizontales de borde	8
Demarcaciones horizontales de prohibición de adelantamiento en la línea central	1
Marcas horizontales borradas	12
Reflectometría horizontal por debajo del umbral mínimo	2
Desprendimientos - arenamientos	9
Desprendimiento piedras	9
Dispositivos control tránsito	184
Acceso, regulación prioridad	1

<b>Tipo de ESM</b>	<b>ESM identificados</b>
Anuncio en el margen de la carretera	1
Curva peligrosa	16
Paso a nivel FF.CC.	2
Señal adelantamiento horizontal y vertical, descoordinación	3
Señal vertical ausente	134
Señal vertical ausente, paradero Bus	7
Señal vertical no adecuada	4
Señalización carril adicional no adecuado	16
Estado del firme	1
Firme en mal estado	1
Ordenación movimientos	20
Intersección camino tierra, Cruces peligrosos	19
Intersección camino, Cruces peligrosos	1
Paradero BUS	1
Paradero BUS sin plataforma reservada	1
Presencia de talud - obstáculo	33
Presencia de obstáculos en margen	33
Presencia usuarios vulnerables	1
Cruce de peatones, curva, adelantamiento permitido	1
Sección transversal	60
Acondicionamiento vía de servicio	25
Escasez de sobreebanco en curva	35
Sistema de contención vehículos	35
Sistema de contención de vehículos no adecuado	34
Sistema de contención vehículos no adecuados	1
Túnel	7
Exceso de gálibo	1
Túnel	6
Zonas urbanas, comerciales, etc.	13
Presencia peatones, paradero Bus	1
Zona urbana/comercial	12
Señalización vertical con necesidades de conservación	71
Señal vertical P-1A	2
Señal vertical P-1B	1
Señal vertical P-24	1
Señal vertical P-2A	17
Señal vertical P-2B	10
Señal vertical P-37	1
Señal vertical P-41	1
Señal vertical P-49	2
Señal vertical P-4A	2
Señal vertical P-4B	5
Señal vertical P-5-1	4
Señal vertical P-5-2A	1
Señal vertical P-5-2B	2
Señal vertical P-56	1
Señal vertical P-IR	1
Señal vertical R-15	4
Señal vertical R-16	10
Señal vertical R-30	5

<b>Tipo de ESM</b>	<b>ESM identificados</b>
Señal vertical R-7	1
Señalización vertical en mal estado de conservación	217
Señal vertical NSEM	4
Señal vertical P-11	1
Señal vertical P-14B	1
Señal vertical P-16A	2
Señal vertical P-19	1
Señal vertical P-1A	15
Señal vertical P-1B	5
Señal vertical P-23	1
Señal vertical P-2A	26
Señal vertical P-2B	19
Señal vertical P-33	2
Señal vertical P-35	3
Señal vertical P-37	2
Señal vertical P-38	3
Señal vertical P-3A	1
Señal vertical P-41	1
Señal vertical P-42	3
Señal vertical P-48	3
Señal vertical P-49	1
Señal vertical P-4A	8
Señal vertical P-4B	11
Señal vertical P-50	1
Señal vertical P-5-1	2
Señal vertical P-5-1A	1
Señal vertical P-5-2A	2
Señal vertical P-5-2B	5
Señal vertical P-55	1
Señal vertical P-56	4
Señal vertical P-D	1
Señal vertical P-IR	2
Señal vertical P-Z-1	3
Señal vertical R	1
Señal vertical R-15	5
Señal vertical R-16	65
Señal vertical R-27	1
Señal vertical R-30	10
<b>Total, general</b>	<b>676</b>

Comentario: de las medidas propuestas en los ESM identificados, el 79 % se relacionan con dispositivos de control de tránsito (señales verticales, cambio, falta de mantenimiento, señales horizontales, sistemas de contención vehicular), seguida de mejora a las características de la infraestructura vial en 36% los cuales incluyen tratamiento de: sección transversal, márgenes, instalación y cambio de sistemas de contención vehicular, mejora a la superficie del pavimento, ordenamiento de los movimientos, la mejora de túneles y accesos en zonas urbanas. En este mismo sentido la mayor proporción son medidas que no implican expediente técnico.

A continuación, se presenta la tabla donde se diferencia de trabajos con expediente técnico y las que no.

Tipo ESM	Sin expdte.	Con expdte.	Total
Demarcación horizontal	24		24
Desprendimientos - arenamientos		9	9
Dispositivos control tránsito	168	16	184
Estado del firme	1		1
Ordenación movimientos		20	20
Paradero BUS	1		1
Presencia de talud - obstáculo	33		33
Presencia usuarios vulnerables	1		1
Sección transversal		60	60
Sistema de contención vehículos	34	1	35
Túnel	1	6	7
Zonas urbanas, comerciales, etc.	1	12	13
Señalización vertical con necesidades de conservación	71		71
Señalización vertical en mal estado de conservación	217		217
<b>Total, general</b>	<b>552</b>	<b>124</b>	<b>676</b>

Comentario: El porcentaje de actuaciones que no necesitan de expediente es de 82% y las que se requiere expediente técnico es de 18%.

#### **Carretera PE-3S del KM 00+000 al KM 25+000:**

La formulación de las propuestas se realiza para los elementos susceptibles de mejora identificados. En este sentido se están proponiendo medidas relacionadas con los siguientes aspectos.

#### **Tipos de ESM identificados**

Tipo de ESM	ESM identificados
Demarcación horizontal	3
Demarcación horizontal no adecuada	1
Reflectometría horizontal por debajo del umbral mínimo	2
Dispositivos control tránsito	44
Curva peligrosa	14
Dispositivo de control de tránsito no adecuado	1
Dispositivos control tránsito no adecuado	4
Dispositivos de control tránsito no adecuado	1
Señal vertical ausente	21
Señal vertical no adecuada	3
Ordenación movimientos	3
Intersección camino pavimentado, Cruces peligrosos	1
Intersección camino tierras, Cruces peligrosos, Cambio de rasante	1
Intersección camino, Cruces peligrosos	1
Presencia de talud - obstáculo	2
Presencia de obstáculos en margen	2
Sección transversal	1
Acondicionamiento control de peso	1
Sistema de contención vehículos	6
Sistema de contención de vehículos insuficiente	1
Sistema de contención de vehículos no adecuado	4
Sistema de contención vehículos insuficiente	1
Zonas urbanas, comerciales, etc.	1
Zona urbana/comercial	1
Señalización vertical en mal estado de conservación	13
Señal vertical P-1A	1
Señal vertical P-1B	1
Señal vertical P-2A	1
Señal vertical P-2B	1
Señal vertical P-42	1

Tipo de ESM	ESM identificados
Señal vertical P-4A	2
Señal vertical P-5-2A	1
Señal vertical R-1	1
Señal vertical R-16	4
Señalización vertical con necesidades de conservación	4
Señal vertical P-2B	1
Señal vertical P-44	1
Señal vertical R-16	2
Desprendimientos - arenamientos	1
Calzada con restos de tierra	1
<b>Total, general</b>	<b>78</b>

Comentario: de las medidas propuestas en los ESM identificados, el 90% de las propuestas de mejora se encuentra relacionados con los dispositivos del control de tránsito y elementos susceptibles de mejora y el 10% se relacionan con mejora a las características geométricas de la infraestructura vial, por tanto, la mayor proporción son medidas que no implican expediente técnico.

Tipo ESM	Sin expdte.	Con expdte.	Total
Demarcación horizontal	3		3
Dispositivos control tránsito	44		44
Ordenación movimientos		3	3
Presencia de talud - obstáculo	2		2
Sección transversal	1		1
Sistema de contención vehículos	5	1	6
Zonas urbanas, comerciales, etc.		1	1
Señalización vertical en mal estado de conservación	13		13
Señalización vertical con necesidades de conservación	4		4
Desprendimientos - arenamientos	1		1
<b>Total, general</b>	<b>73</b>	<b>5</b>	<b>78</b>

Comentario: El porcentaje de actuaciones que no necesitan de expediente es de 94 % y las que se requiere expediente técnico es de 6 %.

### **La implementación de las recomendaciones a los TCAs, y TPPs incrementa los niveles de seguridad vial de la infraestructura del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.**

En primer lugar, como se ha efectuado la inspección de seguridad viaria de los diferentes tramos y en dicha inspección se han efectuado la redacción de fichas de inspección, tanto en los Tramos de Concentración de Accidentes (TCAs) y Tramos Potencialmente Peligros (TPPs) y identificando la problemática y siendo las recomendaciones similares se ha visto por conveniente unir las, de esta forma se está cubriendo ambas hipótesis formuladas en la presente investigación.

**Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000:**

En los TCAs y TPPs se han identificado los siguientes ESM, para los que se han propuesto una serie de medidas mitigadoras. En primer lugar, se muestran las propuestas en el:

**Actuaciones a corto plazo.**

ESM / Propuesta	Sin expdte.	Con expdte.
Demarcación horizontal		
Líneas demarcadoras de salida según Manual	1	
Repintado de todos los tramos con nivel de Reflectancia.	2	
Delineadores		
Utilizar demarcaciones horizontales resaltadas o bajo relieve en las líneas de borde para reducir el número de despistes. Estudiar el posible empleo de demarcaciones tipo galón vinculando la velocidad máxima al número de galones vistos.		1
Dispositivos control tránsito		
Colocar señal P-2A	1	
Colocar señal P-55 en margen izquierdo	1	
Colocar señal P-56 en margen izquierdo	1	
Colocar señal R-30(1) de 40 km/h en margen izquierdo	2	
Colocar Señal R-30(1) de 50 km/h en margen izquierdo	1	
Colocar Señal R-30(1) de 60 km/h en margen izquierdo	3	
Colocar Señal R-30(1) de 80 km/h en margen izquierdo	1	
Colocar Señal R-30(1) de 90 km/h en margen izquierdo	3	
Colocar Señal vertical P-18A	1	
Colocar Señal vertical R-30(1)	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 60 km/h	1	
Colocar señal vertical R-30(1) indicando una velocidad de 70 km/h	1	
Ordenación movimientos		
Colocar señal vertical R-2 en las incorporaciones a la glorieta		1
Regular correctamente la prioridad de paso en el óvalo mediante señales verticales y demarcaciones horizontales		1
Presencia de talud - obstáculo		
Cambiar posición SCV	1	
Instalar scv	1	
Retirada de obstáculos	5	
Retirar el obstáculo, cambiar cimentación o instalar SCV	1	13
Presencia usuarios vulnerables		
No permitir a los vendedores ambulantes estar en la berma	1	
Sección transversal		
Impedir la zona de estacionamiento y cerrar la posibilidad de cruce desde el sentido descendente	1	
Sistema de contención vehículos		
Abatir scv		2
Cerrar las discontinuidades. Estudiar posibilidad de instalar puente peatonal		8
Instalar y adecuar el scv. TIPO DE TRÁFICO A.		6
Instalar y adecuar el scv. TIPO DE TRÁFICO C.	1	1
Señalización vertical		
Utilizar en las señales verticales lámina reflectiva nivel tipo 11 debido a la neblina.	2	
Señalización vertical con necesidades de conservación		
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal I-5A	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-10A	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-14A	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-2A	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-2B	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-30	2	
Señalización vertical en mal estado de conservación		
Se llevará a cabo la reposición de la señal I-20	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal I-34	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal I-5	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal I-5A	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-15	1	

Se llevará a cabo la reposición de la señal P-2A	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-2B	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-48	3	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-49	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-56	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-10	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-2	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-30	3	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-45	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-9	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-16A	1	
<b>Total, general</b>	<b>65</b>	<b>33</b>

Comentario: de los 387 ESM, las actuaciones a corto plazo en los TCAs y TPPs representa el 25% y contempla 98 actuaciones a corto plazo de los cuales se puede intervenir en un 66% se puede intervenir sin necesidad de expediente técnico y en el 34% se necesitaría la formulación de expediente técnico.

#### Mediano plazo.

ESM / Propuesta	Sin expdte.	Con expdte.
Ordenación movimientos		
Adecuar la intersección en zona urbana mediante la instalación de semáforos de manera que queden canalizados todos los movimientos, sirva de lugar para cambiar el sentido de la circulación y contribuya al calmado del tránsito en la zona.		2
Estudiar necesidad de adecuar la intersección		1
Estudiar necesidad de adecuar la intersección o crear vía de servicio lateral		1
Estudiar necesidad de adecuar la intersección o ejecutar una vía de servicio paralela		5
Estudiar necesidad de adecuar la intersección y cerrar el separador central		2
Remodelación de la intersección. Óvalo		1
Presencia usuarios vulnerables		
Estudiar la posibilidad de instalar puente peatonal		1
Sección transversal		
Acondicionar acceso y salida de la vía de servicio		1
Acondicionar acceso y salida de la vía de servicio. Adecuar la intersección y cerrar el separador central		1
Ejecutar carril de aceleración		2
Ejecutar carril de deceleración para vehículos pesados		1
Prolongar el carril de aceleración		2
Sistema de contención vehículos		
Adecuar los sistemas de contención	1	
Zonas urbanas, comerciales, etc.		
Colocar dispositivos de control del tránsito para zona urbana: reductor de velocidad, señales verticales P-48, velocidad máxima R-30(1) a 30 km/h. pasos de peatones	1	4
<b>Total, general</b>	<b>2</b>	<b>24</b>

Comentario: de los 387 ESM, las actuaciones a mediano plazo en los TCAs y TPPs representa el 7 % y contempla 26 actuaciones de cual e 92 % se necesitaría la formulación de expediente técnico.

#### Largo plazo.

ESM / Propuesta	Sin dte.	Con. exp dte.
Presencia de usuarios vulnerables		
Estudiar la viabilidad de realizar un expediente técnico que tenga en cuenta la singularidad del tramo, integrando las zonas urbanas existentes y sus futuras expansiones, en un proyecto que dé respuesta a todas las necesidades de una carretera de estas características.		4
<b>Total, general</b>		<b>4</b>

### Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000

Propuestas mitigadoras en ESM incluidos en TCAs y TPPs

En los TCAs y TPPs se han identificado los siguientes ESM, para los que se han propuesto una serie de medidas mitigadoras. En primer lugar, se muestran las propuestas en el:

#### Corto plazo.

ESM / Propuesta	on expdte.
Dispositivos control tránsito	7
Colocar la señal P-56	1
Colocar la señal vertical I-3A	1
Colocar la señal vertical I-6	1
Colocar señal P-10A	1
Colocar señal R-30(1) de 40 km/h	1
Colocar señal vertical I-4A	1
Colocar señal vertical I-6	1
Colocar señal vertical P-10A	1
Colocar señal vertical P-10B	1
Colocar señal vertical P-5-1	1
Instalación de delineadores de curva (P-61)	5
Pintar demarcaciones horizontales y colocar la señal vertical de ceda el paso R-2 en los carriles de incorporación	1
Pintar demarcaciones resaltadas en bordes y eje	1
Presencia de talud - obstáculo	23
Retirada obstáculos periódicamente	1
Retirar obstáculo o instalar scv	2
Retirar obstáculo, cambiar cimentación o instalar scv	20
Sección transversal	1
Pintar demarcaciones horizontales y colocar la señal vertical P-16B	1
Sistema de contención vehículos	18
Abatir scv	11
Colocar scv a lo largo de toda la curva	4
Instalar y adecuar el scv. Tipo de tráfico C.	3
Señalización vertical en mal estado de conservación	106
Se llevará a cabo la reposición de la señal I-5	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal I-5A	4
Se llevará a cabo la reposición de la señal NSEM	2
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-1A	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-1B	3
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-2A	10
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-2B	7
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-37	3
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-48	3
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-4A	5
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-4B	3
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-51	2
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-5-1	11
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-5-1A	2
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-56	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-58	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-D	2
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-10	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-15	2
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-16	8
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-2	2



Se llevará a cabo la reposición de la señal R-22	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-23	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-27	4
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-30	15
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-37	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-39	2
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-40	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-44	1
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-45	5
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-46	1
Señalización vertical con necesidades de conservación	22
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal I-5A	1
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-2A	3
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-2B	5
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-37	1
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-4A	2
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-5-1	4
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-15	1
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-16	1
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-23	1
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-30	2
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-45	1
Demarcación horizontal	2
Repintado de todos los tramos con nivel de reflectancia deficiente de acuerdo con el capítulo IV de "Especificaciones técnicas de Pinturas para obras públicas".	2
<b>Total, general</b>	<b>189</b>

Comentario: de los 189 ESM identificados en este tramo el 90 % de las actuaciones representa actuaciones a corto plazo y además se puede concluir que la vía se encuentra al 100% de TPPs y TCAs.

#### **Mediano plazo.**

ESM / Propuesta	Sin expdte.	Con expdte.
Ordenación movimientos		
Estudiar necesidad de adecuar la intersección o ejecutar una vía de servicio paralela		4
Presencia de talud - obstáculo		1
Ejecutar muro de concreto continuo en el margen derecho a todo lo largo del serpentín para retener la arena		1
Sección transversal		5
Acondicionar acceso y salida de la vía de servicio		1
Acondicionar entrada y salida a la vía de servicio		2
Diseñar un carril de deceleración para la salida		1
Prolongar el carril de deceleración		1
Sistema de contención vehículos		1
Adecuar los sistemas de contención a lo largo de la Autopista para una IMDA de pesados > 4000 vh/d.		1
Zonas urbanas, comerciales, etc.		2
Colocar dispositivos de control de tránsito para zona urbana		1
Colocar dispositivos de control de tránsito para zona urbana y canalizar el tránsito de peatones		1
Fenómenos atmosféricos	1	
Colocar sistema de pórtico de mensaje variable y balizas inteligentes en ambos márgenes	1	
<b>Total, general</b>	<b>1</b>	<b>13</b>

Comentario: el 10% de las actuaciones se deberán implementar a corto plazo debido a que esta vía es su totalidad es calificada como TPPs ante un error humano.

**Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000:**

En los TCAs y TPPs se han identificado los siguientes ESM, para los que se han propuesto una serie de medidas mitigadoras. En primer lugar, se muestran las propuestas en el corto plazo.

**Actuaciones a corto plazo:**

ESM / Propuesta	Sin exped.	Con exped
Demarcación horizontal	15	
Prohibir el adelantamiento mediante instalación de señales verticales y demarcaciones horizontales	1	
Repintado de demarcaciones horizontales	12	
Repintado de todos los tramos con nivel de reflectancia deficiente de acuerdo con el capítulo IV de "Especificaciones técnicas de Pinturas para obras públicas".	2	
Dispositivos control tránsito	72	
Cambiar señal vertical por P-21A	1	
Colocar señal vertical I-6	7	
Colocar señal vertical P-10A y adelantar el cartel con las indicaciones de destino	1	
Colocar señal vertical P-18A	3	
Colocar señal vertical P-21A	3	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h	11	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h y sustituir señal vertical P-5-2A por P-1A	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto la señal vertical P-1A	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto la señal vertical P-1B	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto la señal vertical P-5-2A	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto la señal vertical P5-2B	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto señal vertical P-1A	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto señal vertical P-1-B	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto señal vertical P-2B	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto señal vertical P-5-2A	2	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h junto señal vertical P-5-2B	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 30km/h	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 40 km/h	6	
Colocar señal vertical R-30(1) de 40 km/h junto la señal vertical P-5-2A	1	
Colocar señal vertical R-30(1) de 50 km/h	4	
Coordinar el señalamiento vertical y horizontal	3	
Eliminar señal P-5-1 Camino sinuoso a la derecha	1	
Instalación de delineadores de curva (P-61)	16	
Instalar dispositivos de control de la regulación de paso, tanto en horizontal como en vertical	1	
Recolocar señal vertical R-1	1	
Retirar cartel	1	
Estado del firme	1	
Renovar el asfalto	1	
Presencia de talud - obstáculo	33	
Instalar scv	2	
Instalar scv	2	
Instalar sistema de contención de vehículos	1	
Retirar el obstáculo	1	
Retirar el obstáculo o instalar scv	6	
Retirar el obstáculo, cambiar cimentación o instalar scv	21	
Presencia usuarios vulnerables	1	
Prohibir el adelantamiento, limitar la velocidad mediante señal R-30 a 30 km/h e instalar dispositivos de control del tránsito en las inmediaciones del paso. La propuesta ha de coordinarse con la remodelación de la intersección	1	
Sistema de contención vehículos	34	
Abatir scv	26	
Instalar y adecuar el scv. Tipo de tráfico A.	3	
Instalar y adecuar el scv. Tipo de tráfico C.	4	
Instalar y adecuar el scv. Tipo de tráfico A.	1	
Túnel	1	
Señalizar las restricciones de gálibo al principio del tramo cuando existe alternativa de paso	1	
Zonas urbanas, comerciales, etc.	1	
Señalización como zona con peatonos e instalación de dispositivos de control de la velocidad	1	
Señalización vertical con necesidades de conservación	71	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-1A	2	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-1B	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-24	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-2A	17	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-2B	10	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-37	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-41	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-49	2	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-4A	2	

Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-4B	5	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-5-1	4	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-5-2A	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-5-2B	2	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-56	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal P-IR	1	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-15	4	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-16	10	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-30	5	
Se llevará a cabo el mantenimiento de la señal R-7		1
Señalización vertical en mal estado de conservación		217
Se llevará a cabo la reposición de la señal NSEM	4	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-11	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-14B	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-16A	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-19	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-1A	15	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-1B	5	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-23	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-2A	26	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-2B	19	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-33	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-35	3	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-37	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-38	3	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-3A	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-41	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-42	3	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-48	3	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-49	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-4A	8	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-4B	11	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-50	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-5-1	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-5-1A	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-5-2A	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-5-2B	5	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-55	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-56	4	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-D	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-IR	2	
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-Z-1	3	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-15	5	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-16	65	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-27	1	
Se llevará a cabo la reposición de la señal R-30	10	
Total, general	446	

Comentario: el 66% de las actuaciones a corto plazo se concentran en los TCAs y TPPs, de los 676 ESM visualizados en todo el tramo de la red en estudio y la implementación de las actuaciones se podrán efectuar a corto plazo.

#### Actuaciones a Mediano Plazo

ESM / Propuesta	Sin expdte.	Con expdte.
Demarcación horizontal	9	
Colocar en la línea central demarcaciones elevadas con un patrón de 12 m tal que refuerce la prohibición de adelantamiento en tramos con línea continua	1	
Colocar en la línea de borde demarcaciones resaltadas o bajo relieve que proporcionen un efecto sonoro o vibratorio adicional para evitar los despistes de la vía	8	
Desprendimientos - arenamientos		9
Asegurar talud con elementos de sujeción		9
Dispositivos control tránsito	3	16
Colocar señal vertical P-21 antes del comienzo del carril adicional junto con un cartel con la longitud de este, pintar demarcaciones horizontales indicando final del carril y reforzando la prohibición de adelantamiento, colocar señal vertical P-18A y dejar margen de pavimento pintada con cebreado en el final del carril		15
Eliminar los anuncios ubicados en el margen de la carretera en el derecho de vía	1	
Instalación de dispositivos de control del tránsito, además de un sistema de barreras automáticas provistas de semaforización y sensores	2	

ESM / Propuesta	Sin expdte.	Con expdte.
Pintar demarcaciones horizontales indicando inicio y final del carril y colocar balizas en el eje para delimitar los carriles		1
Ordenación movimientos		20
Estudiar necesidad de adecuar la Intersección		17
Estudiar necesidad de adecuar la Intersección o eliminar el acceso		1
Estudiar necesidad de adecuar la Intersección, prolongando carril de aceleración y de deceleración.		1
Estudiar necesidad de adecuar la Intersección. Incluir paso de peatones		1
Paradero BUS	1	
Crear plataforma reservada para el paradero de BUS	1	
Sección transversal		60
Acondicionar acceso y salida de la vía de servicio		24
Acondicionar intersección y acceso y salida de la vía de servicio		1
Ejecutar sobreanchos en la curva de acuerdo con norma de diseño geométrico		35
Sistema de contención vehículos		1
Adecuar los sistemas de contención a lo largo de la vía para una IMDA > 4000 vh/d y más del 25% de pesados.		1
Túnel		6
Estudiar la iluminación que se le debe de dar al túnel		6
Zonas urbanas, comerciales, etc.		7
Colocar dispositivos de control del tránsito para zona urbana: reductor de velocidad, señales verticales P-48, velocidad máxima R-30(1) a 30 km/h, pasos de peatones		7
<b>Total, general</b>	<b>13</b>	<b>119</b>

Comentario: las actuaciones a mediano plazo de los ESM, encontrados en los TCAs y TPPS, representan el 20% del total de ESM encontrados en el tramo de evaluación, por otro lado, el 18% de las actuaciones requieren expedientes técnicos para su implementación.

#### **Carretera PE-3S del KM 00+000 al KM 25+000:**

En los TCA y TPP se han identificado los siguientes ESM, para los que se han propuesto una serie de medidas mitigadoras. En primer lugar, se muestran las propuestas en el:

#### **Corto plazo.**

ESM / Propuesta	Sin expdte.	Con expdte.
Dispositivos control tránsito		9
Colocar delineadores P-61 a lo largo de la curva		1
Colocar señal vertical R-30(1) 50 km/h		3
Colocar señal vertical R-30(1) 50 km/h antes de señal P-56 zona urbana		1
Colocar señal vertical R-30(1) de 30 km/h		1
Instalación de delineadores de curva (p-61)		3
Desprendimientos - arenamientos		1
Pavimentar los primeros 15 m del acceso para evitar la contaminación de tierras en la calzada		1
Presencia de talud - obstáculo		1
Retirar el obstáculo o instalar scv		1
Sistema de contención vehículos		5
Abatir scv		2
Aumentar la longitud del scv		1
Instalar y adecuar el sistema de contención. Tipo de tráfico C.		2
Señalización vertical en mal estado de conservación		1
Se llevará a cabo la reposición de la señal P-4A		1
<b>Total, general</b>		<b>17</b>

Comentario: en cuanto a las actuaciones a corto plazo y sin expediente, identificados en los TCAs y TPPS representa el 22% del total de ESM identificado.

**Mediano plazo.**

<b>ESM / Propuesta</b>	Sin expdte.	Con expdte.
Ordenación movimientos		
Estudiar necesidad de adecuar la intersección		
Sistema de contención vehículos		
Adecuar los sistemas de contención a lo largo de la Autopista para una IMDA > 4000 vh/d y más del 25% de pesados.		
Total, general		

Comentario: en cuanto a las actuaciones a mediano plazo y con expediente, identificados en los TCAs y TPPs representa el 3% del total de ESM identificado.

## Anexo C

### Recomendaciones para la implementación de medidas de las infraestructuras viales

Implementación de medidas de mejora a los componentes de la infraestructura vial contribuye de manera efectiva los niveles de seguridad vial de la infraestructura del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú. Se presenta las actuaciones, en función a los resultados contrastando con material fotográfico y video que ayudaron en la comprensión de la determinación de cada mejora que requiere la infraestructura vía, para lo cual se siguió los siguientes procesos: Con la determinación del tramo con alta peligrosidad, se describieron características que puedan ser causa de accidentes, así como se identificaron los ESM y sus recomendaciones de actuación, lo cual se presenta en los resultados. En función a ello se evaluó el riesgo y se determina las medidas de actuación. Por ello en el presente capítulo se presenta el resultado del análisis en función a la valoración de riesgo y costo. En tal sentido, la investigación de los Estudios de Inspección de Seguridad Vial se elabora en formato problema-recomendación, donde el problema se describe en términos de riesgo de accidente para un tipo de usuario y la recomendación es una medida a aplicar para solucionarlo.

**La implementación de medidas de mejora a los componentes de la infraestructura vial contribuye de manera efectiva los niveles de seguridad vial de la infraestructura del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.**

La formulación de las propuestas de mejora estará en función a los resultados, los documentos técnicos normativos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, así como, documentos, estudios y experiencias exitosas internacionales. Finalmente, se presenta las actuaciones a efectuarse en función a los riesgos asociados y el costo que implica su actuación.

#### **Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000**

La presente vía de acuerdo a su demanda corresponde a autopista de primera clase y según las características de diseño geométrico presenta parámetros de autopista de segunda clase, y las pendientes transversales a la vía son menores al 10% , por tanto, la vía se desarrolla en terreno plano, este tramo en estudio abarca 62.00 km, y ha presentado 196 accidentes entre los años 2015 al 2018, de los cuales 591 personas han resultado con heridas y 61 personas fallecidas, la principal causa es el choque viéndose implicado en 52% de los accidentes y ha ocurrido estos accidentes en los horarios de madrugada principalmente los días sábados. Por otro lado, el 88.30% se ha visto implicado el factor humano, la infraestructura en 5.70% y vehículos 1.63% de estos vehículos en 50% ha sido causado por vehículos de la categoría M1, así mismo las velocidades de operación oscilan en 70 km/h para vehículos pesados y 90km/h para vehículos ligeros.

En cuanto al diseño geométrico y el entorno se ha visualizado la escasa longitud de los carriles de cambio de velocidad en los accesos, deficiente percepción de pasos de los peatones, la deficiencia en paraderos de bus todo ello se interrelaciona directamente con la accidentalidad, en tal sentido en la siguiente tabla se formulan las discusiones para abordar los problemas identificados desde la perspectiva de diseño geométrico. De las medidas propuestas en los ESM identificados, el 72% se encuentra relacionado con los dispositivos del control de tránsito y elementos de seguridad vial (señalización vertical, señalización horizontal, sistemas de contención vehicular) en 22% se relaciona con la infraestructura (pavimento, clima, las intersecciones, márgenes, sección transversal) y el 6% se relaciona con ordenamiento de usuarios que tienen debilidad en el uso de la infraestructura.

<b>Diseño y mejora de las infraestructuras (22% de ESM)</b>	
<b>Infraestructura</b>	<b>Contramedidas aplicadas que han dado resultados.</b>
La causa de los accidentes ha sido principalmente por choque viéndose implicado en 52% El diseño geométrico	De acuerdo a los estudios, la experiencia indica que las características geométricas visibles para conducción de día, de noche y en condiciones climáticas extremas, son un aspecto clave del diseño vial más seguros. Es así como según el análisis de datos de choques muestra que en Australia y Nueva Zelanda casi el 60 y 70% de los choques mortales se producen en los caminos rurales. Los estudios de choques demostraron que el camino es un factor causal en el 30% de todos los choques, y un factor en el resultado de gravedad del 100% de los choques. Para que la causa de accidentes haya sido choques, los componentes de la infraestructura vial como alineamientos horizontal y vertical, y la sección transversal, y los diseños de intersección tiene una fuerte asociación con la ocurrencia y gravedad, este análisis se efectuó en los caminos rurales de Australia y Nueva Zelanda. Por ejemplo, una curva cerrada con un radio de 100 m tiene un mayor riesgo de choque 5.5 veces de las en una sección relativamente sencilla. La gravedad del choque fue algo más alta en las curvas más suaves, debido principalmente al efecto de velocidades más altas. El riesgo de choque en las curvas está fuertemente asociado con una alta velocidad de aproximación combinado con un cambio de velocidad grande a través de la curva. Por ejemplo, una curva que provoca una reducción de la velocidad de 30 km/h desde una velocidad de aproximación de 100 km/h eleva el riesgo de un choque fortuito por despiste por 5,1 veces. Las deficiencias de peralte en una curva horizontal pueden tener un impacto en el riesgo de choque, con aumento del riesgo relativo de 1,06 para deficiencias de 2%, a 1,15 para las deficiencias de 5%.

Estudios	Una evaluación reciente realizada a partir de más de 250 000 km de vías de tránsito de 60 países pone de manifiesto que las deficiencias de diseño de las vías son en gran parte responsables de la carga mundial de traumatismos causados por el tránsito. Introducir mejoras en el 10% de vías de mayor riesgo de cada país a lo largo de 20 años, mediante la creación de aceras, barreras de seguridad, carriles para bicicletas y arcenes pavimentados, podría prevenir en torno a 3,6 millones de muertes y 40 millones de traumatismos graves (Road safety manual: a manual for practitioners and decision makers on implementing safe system infrastructure. París, World Road Association, 2015.).
----------	--

*Discusión:* en diferentes estudios internacionales demuestran que el factor infraestructura interviene en aproximadamente en 28% (Fuente: New South Wales Roads and Traffic Authority (RTNSW), 1996), en la vía específica en estudio se desarrolló en función al cumplimiento de las condiciones mínimas establecidas en el Manual de Diseño Geométrico, como se sabe los manuales establecen los parámetros mínimos y tradicionales. En este caso de la vía en específico el 22% se ha visto involucrado el factor infraestructura, para mejorar tanto en el diseño, construcción y mantenimiento se necesita contar con normas técnicas más flexibles que desafíen las normas tradicionales y permitan a los profesionales innovar en los proyectos. Para ello se debe actualizar en el Manual de Diseño Geométrico vigente, definiendo adecuadamente los alcances y determinando los criterios de diseños con soluciones cada vez más eficientes considerando la movilidad sostenible y la visión cero.

### **Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000:**

La presente vía de acuerdo a su demanda corresponde a carretera de primera clase y en cuanto a la clasificación por orografía se clasifica como terreno ondulado con pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50%, este tramo en estudio abarca 25.00 km, y ha presentado 22 accidentes entre los años 2015 al 2018, de los cuales 24 personas han resultado con heridas y 54 personas fallecidas, la principal causa es el choque viéndose implicado en 64% de los accidentes y ha ocurrido estos accidentes en los horarios de madrugada principalmente los días jueves. Por otro lado, el 100.00% se ha visto implicado el factor humano, la infraestructura con interacción con el factor humano en un 46.43 % y vehículos 0.00 % de estos el vehículo que ha sufrido el choque es la de categoría O, además, es importante mencionar que por esta vía solo transitan vehículos pesados con una velocidad promedio de 50 km/h.

En cuanto al diseño geométrico y el entorno se ha visualizado primero accesos y salidas sin canalización a áreas de servicio y vehículos estacionados en las márgenes de la vía, curva con alto radio de curvatura, bermas estrechas, curvas con sobreancho insuficiente y percepción deficiente, entre otros. De las medidas propuestas en los ESM identificados, el 74% se encuentra relacionado con los dispositivos del control de tránsito y elementos de seguridad vial (señalización vertical, señalización horizontal, sistemas de contención vehicular) en 17% se relaciona con la infraestructura (pavimento, clima, las intersecciones, márgenes, sección transversal) y el 9% se relaciona con sistemas de contención vehicular

<b>Diseño y mejora de las infraestructuras</b>	<b>Contra medidas aplicadas que han dado resultados.</b>
<b>Infraestructura</b> El 17 % de los ESM, relacionados con: Control de accesos	El control del acceso en las carreteras existentes mediante el uso de carreteras de servicio puede ser un dispositivo de seguridad eficaz. Federal Highway Administration (1982, p 4-1) cita varios estudios estadounidenses que muestran que la tasa de accidentes aumenta rápidamente con la densidad de accesos. Por ejemplo, en un estudio, la diferencia entre un bajo nivel de desarrollo (menos de 20 accesos por km) y un alto nivel de desarrollo (más de 20) fue más del doble del número de accidentes por km. Resultados similares para Australia han sido reportados por Mclean (1993, p C3).
Bermas	Cope, A. J. han demostrado una clara reducción de los índices de accidentes, con mayor ancho de acotamiento. Se notaron las principales reducciones en tramos curvos y tramos con pendiente.
Distancia de visibilidad	Hedman, K.O (1990), da a conocer que el número de accidentes disminuye a medida que la distancia de visibilidad aumenta., especialmente para los accidentes nocturnos. Así mismo indica, que la distancia de visibilidad menor a 200m es frecuente en curvas horizontales en las que se tienen elevados accidentes.
Distancia de visibilidad en curvas	Transportation Research Board, Washington. DC, (1987) indica la frecuencia de accidentes en un 52% mayores en vías restringidas de visibilidad debida a curvas verticales, en relación con los tramos de control.
Márgenes	Neuman y Glennon (1983), en un estudio sobre la detención de la distancia de visibilidad, encontraron que diferentes condiciones geométricas estaban asociadas con peligros. En el estado de Victoria, en Australia, de acuerdo con la base de datos de accidentes por salida de la calzada para el periodo comprendido entre los años 1999 y 2003, las accidentes contra árboles representaron el 37% del total de accidentes seguido por un 20% de accidentes por impacto contra postes y un 10% de accidentes por caídas en taludes de terraplén.

*Discusión:* La implicancia de la infraestructura en la presente vía es importante, por lo que se recomienda efectuar todas las propuestas de mejora considerando que el tramo en estudio en 25 km se tiene 52 curvas además de ello se sufre el problema de arenamiento, este arenamiento causa invasión a la superficie de rodadura y se presenta durante todo el año y en todo el día, por lo que el servicio de limpieza es permanente. Al existir tantas curvas en solo 25 km hace que la vía sea sinuosa y se tenga problemas de visibilidad ya que los radios de diseño son menores y no tenemos suficientes sobreanchos para desarrollar las maniobras en curvas implicando incluso que dos vehículos no pueden pasar a la vez en la misma curva. Por otro lado, como la vía esta desarrollado sobre un abismo las márgenes diseñadas

no perdonan el error humano por lo que una sola maniobra o descontrol genera despiste y con ello la causa de muchos muertos. Finalmente, en vista al alto riesgo que presenta la vía se recomienda considerar a todo el tramo como tramo potencialmente peligroso, y a su vez considerar como actuación a largo plazo con la construcción de un viaducto que pueda acoger la demanda tanto del serpentín de pasamayo como de la variante y con ello se reduciría el número de accidentes, ya que no tendríamos problemas de arenamiento que genera grandes costos de mantenimiento y accidentes por efecto de neblinas y nieblas.

### **Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000**

La presente vía de acuerdo a su demanda corresponde a carretera de segunda clase y en cuanto a la clasificación por orografía se clasifica como terreno ondulado con pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50%, este tramo en estudio abarca 99.00 km, y ha presentado 275 accidentes entre los años 2015 al 2018, de los cuales 546 personas han resultado con heridas y 47 personas fallecidas, la principal causa es el choque viéndose implicado en 63% de los accidentes y ha ocurrido estos accidentes en los horarios de la tarde principalmente los días jueves. Por otro lado, en un 93.36% se ha visto implicado el factor humano, en factor infraestructura en un 19.27 % y vehículos 6.64 % de estos el vehículo que ha sufrido el choque es la de categoría M1, además, es importante mencionar que por esta vía solo transitan vehículos pesados con una velocidad promedio de 45 km/h y 65 km/h los ligeros.

En cuanto a los principales problemas se ha identificado lo siguiente: accesos en tramos curvos, percepción deficiente de la ubicación del paradero de bus, especialmente en condiciones de baja visibilidad (turno noche, lluvia, etc.), presencia de vehículos estacionados en los márgenes de la vía, deficiente acondicionamiento de accesos y salidas de las vías de servicio (lugar donde habitualmente los vehículos pesados estacionan), curvas con sobreancho insuficiente y visibilidad deficiente, percepción deficiente de los dispositivos de control de tránsito, entre otros. De las medidas propuestas en los ESM identificados, el 79% se encuentra relacionado con los dispositivos del control de tránsito y elementos de seguridad vial (señalización vertical, señalización horizontal, sistemas de contención vehicular), en 36% se relaciona con la infraestructura (pavimento, clima, las intersecciones, márgenes, sección transversal).

<b>Diseño y mejora de las infraestructuras</b>	
<b>Infraestructura</b>	<b>Contramedidas aplicadas que han dado resultados.</b>
El 36 % de los ESM, relacionados con: Control de accesos	El control del acceso en las carreteras existentes mediante el uso de carreteras de servicio puede ser un dispositivo de seguridad eficaz. Federal Highway Administration (1982, p 4-1) cita varios estudios estadounidenses que muestran que la tasa de accidentes aumenta rápidamente con la densidad de accesos. Por ejemplo, en un estudio, la diferencia entre un bajo nivel de desarrollo (menos de 20 accesos por km) y un alto nivel de desarrollo (más de 20) fue más del doble del número de accidentes por km. Resultados similares para Australia han sido reportados por Mclean (1993, p C3).
Paraderos de bus	Construcción de paraderos con las dimensiones indicadas en el Manual de Dispositivo del Control de Tránsito Vigente, permitirá el ordenamiento y de esta forma contribuirá en la reducción de accidentes a causa de esta deficiencia.
Presencia de vehículos en las márgenes	Afecta directamente a la visibilidad y reduce los anchos de carriles diseñados, considero que esta acción corresponde a trabajo de fiscalización y educación vial.
Distancia de visibilidad	Hedman, K.O (1990), da a conocer que el número de accidentes disminuye a medida que la distancia de visibilidad aumenta., especialmente para los accidentes nocturnos. Así mismo indica, que la distancia de visibilidad menor a 200m es frecuente en curvas horizontales en las que se tienen elevados accidentes.
Distancia de visibilidad en curvas	Transportation Research Board, Washington. DC, (1987) indica la frecuencia de accidentes en un 52% mayores en vías restringidas de visibilidad debida a curvas verticales, en relación a los tramos de control. Neuman y Glennon (1983), en un estudio sobre la detención de la distancia de visibilidad, encontraron que diferentes condiciones geométricas estaban asociadas con peligros.
Márgenes	En el estado de Victoria, en Australia, de acuerdo a la base de datos de accidentes por salida de la calzada para el periodo comprendido entre los años 1999 y 2003, las accidentes contra árboles representaron el 37% del total de accidentes seguido por un 20% de accidentes por impacto contra postes y un 10% de accidentes por caídas en taludes de terraplén.

Discusión: este corredor conocido como carretera central, en una vía diseñada como carretera de tercera clase, sin embargo en la actualidad la demanda hace que funcione como carretera de primera y segunda clase, esto ha generado problemas directas a la seguridad vial primero que la vía no posee espacios suficientes para hacer ensanchamientos o mejoras de gran envergadura al diseño geométrico, a ello se suma la existencia de vehículo pesados y ligeros que son conducidos por conductores que no respetan los reglamentos de tránsito ni las señales implementadas en la vía efectuando maniobras peligrosas de adelantamiento en curvas y donde pueden invaden carriles contrarios, a ello le sumamos el factor climático ya que esta vía pasa por zonas de lluvia, neblina, nieblas y granizos y en ello el comportamiento es negligente. En la actualidad la carretera está totalmente asfaltada, se han mejorado algunas curvas y se ha ampliado la superficie de rodadura a costa de suprimir las bermas laterales. No obstante, siguen creciendo los problemas debido al incremento del tráfico cuyo índice medido diario (IMD) ha estado en el 2018 en el orden de los 8,400 vehículos.



Por otro lado, como la vía presenta niveles de servicio E y F, se atribuirse la falta de oportunidades de adelantamiento, y a la pérdida de tiempo de los vehículos que siguen a los vehículos más lentos. En estas situaciones, el rendimiento de la vía puede mejorarse sustancialmente mediante la provisión de oportunidades específicas de adelantamiento. Si bien hay muchas maneras de realizar esto, el mejoramiento genéricamente se conoce como “carril de adelantamiento”. El mejoramiento puede ser tan simple como la adición de un carril de ascenso en una pendiente fuerte, o tan complejo como un tricarril que provee un tercer carril continuo para dar oportunidades alternativas de adelantamiento en cada sentido de viaje. La congestión de la Carretera Central es uno de los problemas más críticos del transporte, que afectan las zonas urbanas y causan altos costos logísticos en la actividad económica de Lima Metropolitana. Además, esta vía se expone cíclicamente al riesgo de desastres, exasperado por la presencia del Fenómeno El Niño.

La carretera central entre Lima y La Oroya es la principal vía de acceso de la sierra y selva central. Como se puede apreciar, en el recorrido es muy poco lo que se puede resolver sin hacer inversiones importantes y necesarias. No obstante, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) han acordado, agilizar la ejecución del contrato con las siguientes soluciones paliativas: (1) efectuar 29 ensanches de la calzada que permitan adelantamientos de los vehículos en una longitud total de 9.3 Km., (2) la construcción de 7 variantes con una longitud total de 3 Km., en las cuales se contempla la construcción de túneles en un total de 800 m. Además de estas intervenciones el Ministerio ha diseñado rutas alternas como son: (a) la carretera Huaura - Churín - Oyon - Yanahuanca - Ambo, que pueda absorber parte importante del tráfico que viene de Tarapoto, Huánuco y Pucallpa con destino a la costa, (b) la carretera Lima - Canta Huayllay - Villa Pasco (empalme PE 3N) esta alternativa junto con la que viene de Huaral - Acos - Huayay, asumiría parte del tráfico que viene de la región Pasco y gran parte de la selva central (Satipo, La Merced, Villa Rica, etc).

#### **Carretera PE-3S del KM 00+000 al KM 25+000:**

La presente vía de acuerdo a su demanda corresponde a carretera de segunda clase y en cuanto a la clasificación por orografía se clasifica como terreno accidentado con pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y 100%, este tramo en estudio abarca 25.00 km, y ha presentado 70 accidentes entre los años 2015 al 2018, de los cuales 229 personas han resultado con heridas y 19 personas fallecidas, la principal causa es el choque viéndose implicado en 64% de los accidentes y ha ocurrido estos accidentes en los horarios de la noche principalmente los martes. Por otro lado, en un 89.08% se ha visto implicado el factor humano, en factor infraestructura en un 19.33 % y vehículos 0.00 % de estos el vehículo que ha sufrido el choque es la de categoría M1, además, es importante mencionar que por esta vía solo transitan vehículos pesados con una velocidad promedio de 70 km/h y los ligeros a 75 km/h.

En cuanto a los principales problemas se ha identificado lo siguiente: accesos en tramos curvos, percepción deficiente de la ubicación del paradero de bus, especialmente en condiciones de baja visibilidad (turno noche, lluvia, etc.), presencia de vehículos estacionados en los márgenes de la vía, deficiente acondicionamiento de accesos y salidas de las vía de servicio (lugar donde habitualmente los vehículos pesados estacionan), curvas con sobreelevación insuficiente y visibilidad deficiente, percepción deficiente de los dispositivos de control de tránsito, entre otros. De las medidas propuestas en los ESM identificados, el 90% se encuentra relacionado con los dispositivos del control de tránsito y elementos de seguridad vial (señalización vertical, señalización horizontal, sistemas de contención vehicular), en 10% se relaciona con la infraestructura (pavimento, clima, las intersecciones, márgenes, sección transversal).

#### **Diseño y mejora de las infraestructuras**

<b>Infraestructura</b>	<b>Contramedidas aplicadas que han dado resultados.</b>
El 36 % de los ESM, relacionados con: Curvas con sobreelevación insuficiente	El control del acceso en las carreteras existentes mediante el uso de carreteras de servicio puede ser un dispositivo de seguridad eficaz. Federal Highway Administration (1982, p 4-1) cita varios estudios estadounidenses que muestran que la tasa de accidentes aumenta rápidamente con la densidad de accesos. Por ejemplo, en un estudio, la diferencia entre un bajo nivel de desarrollo (menos de 20 accesos por km) y un alto nivel de desarrollo (más de 20) fue más del doble del número de accidentes por km. Resultados similares para Australia han sido reportados por Mclean (1993, p C3).
Distancia de visibilidad	Hedman, K.O (1990), da a conocer que el número de accidentes disminuye a medida que la distancia de visibilidad aumenta., especialmente para los accidentes nocturnos. Así mismo indica, que la distancia de visibilidad menor a 200m es frecuente en curvas horizontales en las que se tienen elevados accidentes.
Distancia de visibilidad en curvas	Transportation Research Board, Washington. DC, (1987) indica la frecuencia de accidentes en un 52% mayores en vías restringidas de visibilidad debida a curvas verticales, en relación con los tramos de control. Neuman y Glennon (1983), en un estudio sobre la detención de la distancia de visibilidad, encontraron que diferentes condiciones geométricas estaban asociadas con peligros.
Márgenes	En el estado de Victoria, en Australia, de acuerdo con la base de datos de accidentes por salida de la calzada para el periodo comprendido entre los años 1999 y 2003, las accidentes contra árboles representaron el 37% del total de accidentes seguido por un 20% de accidentes por impacto contra postes y un 10% de accidentes por caídas en taludes de terraplén.

Discusión: la vía en estudio, se encuentra ubicada en zonas con presencia de lluvias, donde la infraestructura debe responder a esta condición sin embargo se complica pues se observa deficiencia en diseño geométrico de las curvas,

afectando directamente a la visibilidad, a ello sumamos los pavimentos con debilidad en fricción, se pone como tramos de la vía de alta peligrosidad. Las bermas pavimentadas son una parte integral de la estructura de pavimento y favorece considerablemente en la seguridad vial, ya que no solo contribuye al incremento de tipo de vida del pavimento, sino además de pavimentar las bermas hacemos que estas bermas cuente con cuñas de seguridad de 30 ° permitirá redireccionar al vehículo que podría tener un vuelco y si a ello lo sumamos superficies de pavimento con alta fricción podemos contribuir en accidentes en tramos curvos por aquaplanic, tal como lo indica el Manual de Seguridad Vial vigente.

Así, tenemos experiencias internacionales como las efectuadas en el año 1997, Transit New Zealand revisó los niveles de investigación internacionales del pavimento antideslizante y posteriormente publicó los hallazgos en un informe titulado "Niveles de resistencia al deslizamiento de la carretera húmeda de investigación para la red de carreteras estatales de Nueva Zelanda". El informe concluyó que la implementación de una política de resistencia al deslizamiento arrojó una relación costo beneficio de 40. Los estudios previos y posteriores a la implementación de la política de resistencia al deslizamiento mostraron que se había producido una reducción significativa del 30 por ciento en la tasa de accidentes en carreteras mojadas. Por tanto, es urgente actualizar el manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: sección Suelos y Pavimentos, adicionando estos diseños modernos y flexibilizando diferentes metodologías de diseño como la empírico mecanístico.

### **La implementación de las recomendaciones a los TCAs y TPPs, incrementa los niveles de seguridad vial de la infraestructura del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Perú.**

#### **Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000:**

De las medidas propuestas en los ESM identificados, el 90% se encuentra relacionado con los dispositivos del control de tránsito. De los cuales según los estudios y mediciones de retroreflectividad a las señales verticales como horizontales, desarrollados según los parámetros de retroreflectividad establecidas en el Manual de Especificaciones Técnicas de Construcción vigente, obteniendo los siguientes resultados: en cuanto a las señales verticales en 50%, necesidad de mantenimiento 16% y 34% necesita reposición inmediata y los niveles de retroreflectividad de la señal horizontal: al lado derecho de la vía no cumple en un 100%, lado izquierdo de la vía no cumple en un 91.67% y el eje central de la vía no cumple en 91.67%. En este sentido de acuerdo con estudios internacionales con la implementación adecuada de los dispositivos de control tales como:

<b>Dispositivos del control de tránsito y elementos de seguridad vial</b>	
<b>Dispositivo y elementos</b>	<b>Contra medidas aplicadas que han dado resultados.</b>
Señalización vertical	Odgen (1996), reporta estudios donde indican la reducción de frecuencia de accidentes oscila entre 20 y 62 %, debido al uso adecuado de la señalización vertical; en cuanto a la severidad de los accidentes, se reportan decrecimientos de 29% de la tasa de fallecidos y 14% en la tasa de lesionados.
Señalización horizontal	Instalación de señales chebrón, señales de advertencia de curva, o balizas intermitentes secuenciales pueden resultar en una reducción de 38-43% de todos los choques mortales y con heridos. I) Las señales chebrón en curvas horizontales pueden producir una reducción de 16% en choques mortales y con heridos fuera de las intersecciones, ii) La instalación de nuevas señales fluorescente de curva, o la actualización de señales de curva existentes con fluorescente pueden resultar en reducción de 25% en choques mortales y con heridos, no-intersección, iii) La combinación estática de señales de alineamiento horizontal/velocidad aconsejada puede generar una reducción de 13% en todos los choques con heridos, vi) La terminación del pavimento con tratamiento microsuperficial puede provocar una reducción del 43% en todos los choques mortales y con heridas graves
Franjas sonoras	Las franjas y rayas sonoras continuas de banquina, borde y eje reducen eficaz y rentablemente los choques por despistes, frontales y de refilones en los lugares tratados. Pueden aplicarse en muchos kilómetros de caminos rurales. Los estudios documentaron los siguientes beneficios de reducción de choques: i) Reducción de choques del 13% y de lesiones 18% en caminos rurales de dos carriles, ii) Reducción de choques del 16% y de lesiones 17% en caminos rurales divididos, iii) Reducción de choques del 38% por despistes en autopistas.
Sistemas de contención vehicular	Transportation Research Board, Washington. DC, (1987) indica la frecuencia de accidentes en un 52% mayores en vías restringidas de visibilidad debida a curvas verticales, en relación con los tramos de control. Neuman y Glennon (1983), en un estudio sobre la detención de la distancia de visibilidad, encontraron que diferentes condiciones geométricas estaban asociadas con peligros.

Discusión: i) como la señalización vial horizontal es uno de los dispositivos de control vial que guarda mayor relación con la seguridad vial de las carreteras. La demarcación horizontal plana reduce los accidentes en un 36%. Por lo que la falta de señalización horizontal y el deficiente mantenimiento produce la pérdida de funcionalidad de la vía y por ende aumenta la accidentalidad. En este sentido las Especificaciones Técnicas de Pinturas de Obras Viales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, presenta los requerimientos generales y los parámetros de control son generales, así como los protocolos de control. De acuerdo, a la particularidad del tramo en estudio y resultado del estudio de retroreflectiva se tiene que en un 94.56% no cumplen con los índices de retroreflectividad indicadas en las especificaciones técnicas (geometría 30m, coeficiente mínimo de retroreflectividad 230mcd.lx<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup> y 175 mcd.lx<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup> y repintado 80 mcd.lx<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>, blanca y amarilla). Por otro lado, de acuerdo al estudio denominado Nighttime Safety

and Pavement Marking Retroreflectivity on Two -Lane Highways: Revisited with North Carolina Data, efectuado por Paul J. Carison, Raul E. Avelar, Eun Sud Park, Dong Hun Kang. Texas A&M Transportation Institute, 2014. Demuestran en condición seca, que con línea base de blanco de  $300\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  y  $200\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  incrementando a  $350\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  en blanco y  $225\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  de color amarillo, con ello se puede reducir hasta 14.8 de los accidentes y si a ello aumentamos a  $500\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  en blanco y  $350\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  de color amarillo y repintamos a  $250\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  y  $175\text{mcd.lx}^{-1}\text{m}^{-2}$  se tiene una reducción de accidentes hasta 28.3%.

Además, según el Reporte FHWA 2015 de evaluación de seguridad de marcas viales con retroreflectividad en húmedo, demuestran que se puede reducir hasta en un 46% la reducción de colisiones por salida de pista de carretera multicarril, en 41% se reduce los accidentes con lesiones en carretera multicarril y hasta en un 12% de reducción de accidentes con lesiones en vías rápidas, ello se logra con la implementación de elementos cerámicos con índices de refracción de 1.9 y 2.4. Finalmente, la vía en estudio al presentar tramos con niebla y neblina se recomienda el uso de elementos cerámicos, de la serie para retroreflectividad alta en condiciones húmedas 70% IR 2.4 y 30% IR 1.9, además como las velocidades son mayores a 90km/h se recomienda ensanchar las líneas de pintura de 0,10cm has 0.20cm para cumplir con los umbrales necesarios según tipo de vía. ii) en cuanto a las señales verticales se concluye que en un 34% necesitan reposición y 50% necesita mantenimiento, al no cumplir con los parámetros establecidos en el Manual de Dispositivos del Control de Transito Automotor para Calles y Carreteras y Manual de Especificaciones Técnicas de Construcción donde establecen que los valores mínimos de lámina retroreflectiva tipo IV y tipo XI. Para la vía en particular por presentar neblina y niebla se recomienda el uso de lámina retroreflectiva Tipo XI y colores fluorescentes de acuerdo con los requerimientos de la norma ASTM D4956; debiendo tener como mínimo los coeficientes de retroreflectividad indicados en la tabla adjunta y medidos en  $\text{cd.lux}^{-1}\text{m}^{-2}$  según el color correspondiente a la construcción de la señal y medido con ángulo de observación de  $0.2^\circ$  y ángulo de entrada  $-4^\circ$ .

Tabla N° 1 Lámina reflectiva Tipo XI con Ángulo de Observación de  $0.2^\circ$  y Ángulo de Entrada  $-4^\circ$

LÁMINA REFLECTIVA TIPO XI											
Ángulo de Observación	Ángulo de Entrada	Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Roj o	Azul	Marr ón	Amarillo Limón	Amarillo Fluorescente	Naranja Fluorescente
$0.2^\circ$	$-4^\circ$	580	435	200	58	87	26	17	460	350	175

Además, Las láminas reflectivas tipo XI se garantizan hasta 12 años, lo que implica una relación costo /beneficio importante para los concesionarios viales y la nación.

#### **Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000:**

Asimismo, del estudio de retroreflectividad tanto para las señales verticales como horizontales, se desarrolló en función a los índices de retroreflectividad establecidas en el Manual de Especificaciones Técnicas de Construcción vigente, teniendo los siguientes resultados: Cumplimiento de los parámetros de las señales verticales en 26.44%, necesidad de mantenimiento 12.64% y reposición inmediata 60.92%. Cumplimiento de los niveles de retroreflectividad de la señal horizontal: las márgenes de la vía no cumplen en un 64.28% y el eje central de la vía no cumple en 94.43%. Discusión: i) el tramo en estudio no cumple con los niveles de retroreflectividad establecidos en las Especificaciones técnicas de Pinturas para obras Viales, posiblemente a que la vida está en contante mantenimiento por tema de arenamiento y además presenta neblina se sugiere efectuar la demarcación con pinturas de plástico en frío que tiene una duración mayor a 3 años, a ello se recomienda el uso de cerámicos de serie para retroreflectividad alta en condiciones húmedas 70% IR 2.4 y 30% IR 1.9.

ii) en cuanto a señalización vertical se recomienda instalar el efecto portal instalada en otros países cuya efectividad es alta y limitar su velocidad máxima a 40km/h y en presencia de neblina a 30 km/h, así como acompañar tanto para señalizaciones elevadas como no el uso de lámina tipo XI. iii) en cuanto a sistemas de contención vehicular, se recomienda la construcción de muro para retención de arenamiento y la instalación de barreras rígidas a fin de evitar que el vehículo se vuelque, además es importante indicar que no se recomienda la instalación de sistemas de contención vehicular que requieran hincado, anchos de trabajo, anchos de deflexión dinámica, primero porque el suelo no es firme y no tienen los anchos necesarios para los niveles de contención alta y muy alta y con ello no garantiza la efectividad en cuanto a brindar seguridad vial. iv) Finalmente, se recomienda seguir restringiendo el pase de vehículos ligeros, ya que los conductores de estos vehículos efectúan condiciones inseguras y temerarias, que han traído consigo accidentes de vehículos por choque frontal.

#### **Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000:**

Asimismo, del estudio de retroreflectividad tanto para las señales verticales como horizontales, se desarrolló en función a los índices de retroreflectividad establecidas en el Manual de Especificaciones Técnicas de Construcción vigente, teniendo los siguientes resultados: Cumplimiento de los parámetros de las señales verticales en 65.13%,

necesidad de mantenimiento 8.60% y reposición inmediata 26.27%. Cumplimiento de los niveles de retroreflectividad de la señal horizontal: los márgenes de la vía no cumplen en un 76.76% y el eje central de la vía no cumple en 84.50%. Discusión: i) el tramo en estudio no cumple con los niveles de retroreflectividad establecidos en las Especificaciones Técnicas de Pinturas para obras Viales, asumimos que las demarcaciones tienen menor tiempo de duración por el tipo de pintura usado como base solvente de agua o acrílica, sin embargo como la vía tiene una IMD alta y presenta diferentes niveles de precipitación se sugiere el uso de las siguientes series: para retroreflectividad en seco IR:1.9, en Tramos de Concentración de Accidentes y Tramos Potencialmente Peligroso se recomienda una retroreflectividad balanceada en condiciones húmedas y secas 50% IR 1.9/2.4, para reflectividad alta en condiciones húmedas 70% IR 2.4 y 30% IR 1.9 y en zonas de neblina, niebla para reflectividad en humedad continua o total IR 2.4.

ii) en cuanto a señalización vertical se recomienda hacer cumplir con láminas de tipo IV y XI y en TCAs y TPPs se recomienda instalar láminas de tipo IV fluorescentes y en Tramos de neblina y niebla instalar el efecto portal cuya efectividad ha sido comprobada, así como se sugiere limitar las velocidades en tramos tangentes de 60 km/h y en tramos curvos 30 km/h. iii) en cuanto a sistemas de contención vehicular, se recomienda la revisión total de las barreras de contención existentes ya que su instalación es débil, así mismo se recomienda instalar más sistemas de contención en tramos curvos y tangentes con niveles de contención normal y alta contención y adicionar con captafaros, chebrones y balizamientos todos ellos con láminas de retroreflectividad tipo IV, todo ello en cumplimiento al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y carreteras. iv) Finalmente, se recomienda brindar a los diferentes tipos de usuarios y campañas de sensibilización.

#### **Carretera PE-3S del KM 00+000 al KM 25+000:**

Asimismo, del estudio de retroreflectividad tanto para las señales verticales como horizontales, se desarrolló en función a los índices de retroreflectividad establecidas en el Manual de Especificaciones Técnicas de Construcción vigente, teniendo los siguientes resultados: Cumplimiento de los parámetros de las señales verticales en 92.26%, necesidad de mantenimiento 1.68% y reposición inmediata 5.57%. Cumplimiento de los niveles de retroreflectividad de la señal horizontal: los márgenes de la vía no cumplen en un 94.23% y el eje central de la vía no cumple en 73.08%.

Discusión:

el tramo en estudio no cumple con los niveles de retroreflectividad establecidos en las Especificaciones Técnicas de Pinturas para obras Viales, asumimos que las demarcaciones tienen menor tiempo de duración por el tipo de pintura usado como base solvente de agua o acrílica, sin embargo como la vía tiene una IMD alta y presenta diferentes niveles de precipitación se sugiere el uso de las siguientes series: en todo el tramo de la vía incluyendo los Tramos de Concentración de Accidentes y Tramos Potencialmente Peligroso se recomienda como primera alternativa el uso de retroreflectividad balanceada en condiciones húmedas y secas 50% IR 1.9/2.4, para reflectividad alta en condiciones húmedas 70% IR 2.4 y 30% IR 1.9 y como segunda alternativa el uso de reflectividad en humedad continua o total IR 2.4. Así como aumentar los anchos de los marcados de 0.10 cm hasta 0.20 cm. ii) en cuanto a señalización vertical se recomienda hacer cumplir con láminas de tipo IV y XI y en TCAs y TPPs se recomienda instalar láminas de tipo IV fluorescentes y en Tramos de neblina y niebla instalar el efecto portal cuya efectividad ha sido comprobada, así como se sugiere limitar las velocidades en tramos tangentes de 80 km/h y en tramos curvos 30 km/h. iii) en cuanto a sistemas de contención vehicular, se recomienda la revisión total de las barreras de contención existentes ya que su instalación es débil, así mismo se recomienda instalar más sistemas de contención en tramos curvos y tangentes con niveles de contención normal y alta contención y adicionar con captafaros, chebrones y balizamientos todos ellos con láminas de retroreflectividad tipo IV, todo ello en cumplimiento al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y carreteras. iv) Finalmente, se recomienda brindar a los diferentes tipos de usuarios y campañas de sensibilización.

## Anexo D

### Evaluación de la red vial en campo y resultado de estudios

La inspección de la carreteras se dan inicio el día lunes 17 de septiembre hasta el miércoles 14 de noviembre de 2018, adicionalmente los meses de setiembre y octubre del 2019 se fueron a volver evaluar las propuestas de actuación, las vías fueron evaluados en ambos sentidos de circulación tanto de día como de noche y bajo todas las condiciones de usuarios, asimismo se efectuó trabajos de reconocimiento previo que principalmente consistió en la ubicación de los puntos progresivas iniciales y finales de los tramos objeto de esta investigación, el mismo se efectuaron las tomas de fotografías georreferenciadas y grabación de la totalidad del recorrido con dos cámaras (Garmin Dash e Imajbox), teniendo como apoyo, un GPS navegador.

#### Panel fotográfico



PE-1N del km 38+000 hasta el km 44+000



PE-1NA del km 00+000 hasta el km 25+000



PE-22 Del Km 55+000 Al Km 145+000



PE-3S Del Km 00+000 Al Km 25+000

Fuente: Elaboración propia

#### Análisis en gabinete

A partir de los datos recopilados tanto de forma documental como en las visitas de campo, se ha trabajado, en gabinete, las tareas de análisis en las carreteras objeto de estudio, de forma que se puedan caracterizar cada uno de los aspectos relacionados con la seguridad vial. Estos análisis, tanto de la documentación como de los videos filmados en campo, han permitido analizar de forma exhaustivo cada una de las carreteras y de los TCA identificados desde diversos puntos de vista, a saber: Desde el punto de vista de la movilidad, se analiza entre otros los datos de intensidad de tráfico existente y la composición vehicular, de forma que se pueda tener una idea más concreta de la movilidad en cada tramo de los tramos de la carretera, así como de los niveles de exposición al riesgo de sufrir un accidente de tránsito en cada tramo de carretera. Por otro lado, a partir del visionado de los registros fílmicos de la carretera se ha

identificado las zonas con afluencia de peatones, así como otros usuarios vulnerables como ciclistas, motocicletas, mototaxis, etc.

Desde el punto de vista de las características geométricas, se ha clasificado y caracterizado cada tramo, del diseño geométrico, tanto horizontal como vertical, las diferentes secciones transversales que se presentan a lo largo de la carretera, los puntos singulares como puentes, túneles, pasos a nivel, cambios en el número de carriles, etc. y la relación de cada uno de estos elementos con la ocurrencia de accidentes. Así mismo, se ha analizado las características del entorno, comenzando a fijar los límites entre zonas urbanas y rurales, de los márgenes de la vía y del equipamiento de la carretera, concretamente, las características y disposición del señalamiento horizontal y vertical, del balizamiento, del alumbrado, de los diferentes sistemas de contención instalados, etc. detectando deficiencias o ausencias en la disposición de equipamiento tal que pueda comprometer la seguridad de los usuarios.

Desde el punto de vista de las características climáticas, se ha identificado zonas en las que se repiten con suficiente frecuencia algunos fenómenos atmosféricos que puedan afectar a la seguridad vial de los usuarios de la carretera, como lluvias, neblinas, vientos, acumulación de arena en la calzada, etc. Desde el punto de vista de la observación de las velocidades y otros comportamientos de los usuarios de la vía que puedan afectar a la seguridad vial, a partir del visionado de los videos filmados en campo y los trabajos en campo, se establece comparaciones entre las velocidades desarrolladas por los vehículos y los límites de velocidad reglamentarios en cada punto, etc. Los trabajos de gabinete y campo han permitido definir y establecer tanto los TCAs y los Tramos Potencialmente Peligrosos (TPP).

#### Contenido de los estudios

El estudio de tráfico; permite obtener los parámetros fundamentales de la movilidad, de forma que se pueden estimar las pautas de movimiento de los usuarios de la carretera, identificar los tramos con mayor volumen de vehículos, y por lo tanto con mayor nivel de exposición a sufrir un accidente de tránsito. También arroja información sobre parámetros como la velocidad, valor que cobra especial relevancia en los estudios de seguridad vial, pues es un factor interviniente y la mayoría de las veces determinante en la accidentalidad. Por otro lado, se determinan igualmente otros aspectos de la movilidad como la composición del tráfico, de forma que se tiene en cuenta las características de todos los vehículos y se detectan zonas con presencia elevada de algún tipo de vehículo concreto; la presencia de usuarios vulnerables, tal que permita definir medidas especialmente dirigidas a la protección de los mismos ante la ocurrencia de accidentes; las matrices origen/destino, que permiten detectar posibles problemas en ciertas intersecciones. El estudio de las características geométricas; permite conocer las particularidades del diseño geométrico de la carretera, así como su clasificación tanto por demanda como por otros criterios como la orografía, la tipología de los accesos a la misma, etc. Este estudio de las características geométricas de cada carretera se ha ejecutado con un equipo de georreferenciación fotogramétrica, instalado en un vehículo que realizará el recorrido a lo largo de la carretera. Con este equipo se realizaron una serie de capturas fotográficas con un intervalo de tiempo prefijado, apoyándose en un sistema GPS y una unidad de medición inercial (IMU), que geoposiciona cada uno de los puntos de captura.

Uno de los propósitos del estudio geométrico es el de proporcionar la información necesaria para poder elaborar una serie de estudios fundamentales para conocer y determinar el nivel de seguridad de una carretera, como son el Estudio de Visibilidades, el Estudio de Velocidades y por último el Estudio de la Consistencia de las Características Geométricas. En primer lugar, en el estudio de visibilidades, se realizan los cálculos necesarios para determinar aquellos puntos de la carretera con problemas de visibilidad de parada y/o de adelantamiento, mediante el uso de programas informáticos específicos de diseño geométrico. En segundo lugar, en el estudio de velocidades se calcula un perfil de velocidades de operación en la carretera que permitirá establecer las diferencias con las velocidades de diseño estrictas, identificando por tanto los tramos en los que estas diferencias puedan provocar la aparición de problemas de seguridad vial. Por último, el estudio de la consistencia de las características geométricas utiliza los criterios de medida de la consistencia a partir de la determinación de las velocidades de operación de forma que se identifican aquellos tramos con problemas de consistencia que puedan repercutir igualmente en la seguridad vial.

El estudio de reflectividad horizontal y vertical proporciona los resultados de los ensayos de las señales en los tramos de concentración de accidentes y en los tramos potencialmente peligrosos a partir de los cuales se determina el nivel de implicación de la señalización en la ocurrencia de accidentes y proporciona información necesaria para la toma de decisiones en cuanto a su renovación. Por otro lado, se realizó el análisis de la data recabada de accidentes, analizando de forma detallada los datos de accidentes facilitados de por lo menos los últimos tres años, donde se determinó el número total de accidentes según su gravedad, la tipología, los usuarios y los vehículos involucrados, la ubicación, las distribuciones temporales y cantidad de accidentes y víctimas (fallecidos y heridos), etc. De la inspección de seguridad vial; tras esto, se continúa con la elaboración de la inspección en el que se incluyen los aspectos más detallados de las propuestas finalmente seleccionadas.

### a) Análisis de datos generales

Para un mejor análisis e interpretación de los resultados, se utiliza una serie de técnicas que nos permita encarar la investigación de forma más clara y precisa respecto a los datos y/o información recolectada.

Vía bajo análisis y localización

A continuación, se va a detallar la importancia de las vías de estudio, así como se presentará la localización de cada uno de los tramos en investigación.

#### **Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000**

La carretera Longitudinal de la Costa Norte codificada como la PE-1N del KM 44+000 al KM 100+000 por el codificador de rutas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, es el eje vial de penetración hacia la zona norte, más importante del País. Su kilómetro cero, se ubica en el intercambio vial Santa Anita (Vía de Evitamiento) empalme con PE-22, atravesando la ciudad de Lima hasta el distrito de Ancón, interconectando la costa norte de los departamentos de Lima, Ancash, La Libertad, Lambayeque Piura y Tumbes (Pte. Internacional de La Paz - frontera con Ecuador). Es considerada la vía más importante del país después de la Panamericana, por su importancia estratégica, tanto económica como social, por el tráfico que soporta y porque conecta tanto la ciudad de Lima, con la zona norte del País.

#### **Carretera PE-1NA del Km 00+000 al Km 25**

La carretera PE-1NA más conocida como el serpentín de pasamayo se ubica al norte de Lima comienza en el distrito de Ancón y llega hasta la zona de Chacra y Mar, esta carretera bordea el océano Pacífico, geográficamente en su recorrido cuenta con 52 curvas en las cuales solo transitan vehículos pesados, además la mayor parte del año presenta una densa neblina y constante humedad en el pavimento, la cual ha generado muchos accidentes terminando varios de ellos en tragedias con considerables números de fallecidos y heridos.

#### **Carretera PE-22 del Km 55+000 al Km 145+000**

La carretera central del Perú codificada como la PE-22 por el codificador de rutas del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, es el eje vial de penetración hacia el interior del Perú más importante del País. Su kilómetro cero, se ubica en el empalme con PE-1N y PE-1S en el intercambio vial de Santa Anita. Atraviesa las localidades de Santa Anita, ATE, Chaclacayo, Chosica, Matucana, San Mateo, Chicla, Morococha, Santa Rosa de Sacco y termina en el Km 173 en la ciudad de La Oroya. Es considerada la segunda vía más importante del país después de la Panamericana, por su importancia estratégica, tanto económica como social, por el tráfico que soporta y porque conecta tanto la ciudad de Lima, y la Panamericana con el interior del País. La vía en su recorrido hacia el interior del país se eleva desde la una altitud de 240 m.s.n.m. en Santa Anita, hasta los 4825 m.s.n.m. de altitud en el punto más elevado en el alto de Tíclio terminando a una cota de 3715 m.s.n.m. en la ciudad de La Oroya.

#### **Carretera PE-3S del Km 00+000 al Km 25+000**

La carretera PE-3S o Longitudinal de la Sierra Sur, clasificada por el codificador de rutas del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, es uno de los ejes viales de penetración hacia la zona central del país, más importante del país. Su kilómetro cero, se ubica en la Repartición La Oroya (PE-22), empalme con PE-22, atravesando la ciudad de La Oroya, interconectando la Sierra Central de los departamentos de Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno (Pte. Internacional Desaguadero - frontera con Bolivia). El Tramo en estudio, se encuentra definido entre la progresiva 0+000 hasta la progresiva 25+000, como se muestra en la figura.

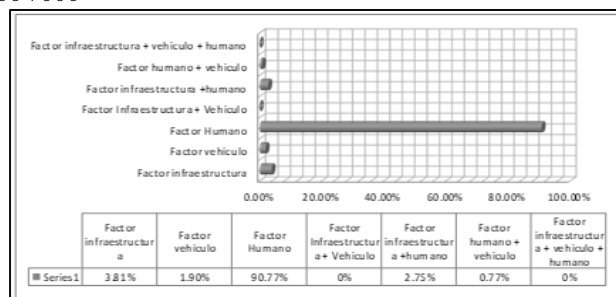
### b) Análisis de la data de accidentalidad histórica

Para el análisis de la accidentalidad, es importante disponer de los datos del estudio de movilidad. Con respecto al estudio de movilidad, los detalles de los trabajos correspondientes al estudio de tráfico y el de toma de las velocidades, en tal sentido, se detallan los trámites realizados de la gestión de la recopilación de la data de la información, personas de contacto a quienes se ha dirigido la carta o con quienes se ha mantenido el contacto, etc. Para un mejor análisis de seguridad vial y accidentalidad se comenzó con la recopilación de información a las entidades encargadas de gestionar estos temas como son las siguientes: Ministerio del Interior, Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancía (SUTRAN) y Consejo Nacional de Seguridad Vial (CNSV). En este apartado se realiza un análisis de los datos de accidentes que se han recabado a partir de la fuente de datos de la SUTRAN. Y la distribución entre los factores asociados a la accidentabilidad.

### Carretera PE-1NA del KM 38+000 al KM 100+000

A continuación, se muestra a partir de los datos disponibles de los accidentes registrados en comisarías en los años 2015, 2016, 2017 y parte del 2018, la influencia de los factores en los accidentes. Los factores estudiados son el factor humano, el factor infraestructura y factor vehículo. En este análisis los factores climáticos que aparecen de manera recurrente, como puede ser la neblina o la lluvia, se consideran factores de infraestructura al poder considerarse que ésta no dispone de los medios adecuados para hacer seguridad la circulación de los diferentes usuarios.

Diagrama de la influencia de los factores en los accidentes en la carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000



Según los datos disponibles y como se refleja en la ilustración anterior, en casi el 90% de los accidentes el factor humano está presente. Además, el factor vehículo siempre que tiene influencia en el accidente lo hace combinado con el factor humano. Por último, el factor infraestructura concurre en algo más del 8% de los accidentes registrado en el tramo de la PE-1N entre los KM 38 y 44, coincidiendo en el 89.92 % de las ocasiones con el factor humano.

Según los datos disponibles y como se refleja en la ilustración anterior, en más del 91% de los accidentes registrados en la carretera PE-1N entre los KM 44 y 100 aparece el factor humano asociado siendo en el 1.2% de los casos concurrente con el factor infraestructura y en el 0.6% de los accidentes con el factor vehículo. El factor infraestructura aparece como el único factor presente en el 1.79% de los accidentes mientras que el factor vehículo aparece como determinante por si solo en el 1.8% de los accidentes. La mitigación de accidentes prevista en función de las medidas adoptadas se gradúa en alta, media o baja. Por todo lo anterior, se considera que, en estas condiciones, cualquier estimación de este tipo puede resultar poco fiable, por lo que no se responsabiliza de la misma. Hecha esta puntualización, se estima que: las medidas relacionadas con la señalización y el balizamiento pueden tener un alto impacto en el usuario, dadas las carencias en equipamiento de este tipo que se han detectado en campo, con lo que se le asigna una mitigación alta de accidentes; las medidas relacionadas con la adecuación de intersecciones con otras carreteras y los accesos y salidas de la vía, se les asigna una mitigación alta de accidentes, pues suponen cambios sustanciales del trazado de la carretera y la manera en que el usuario ha de circular por ellas.

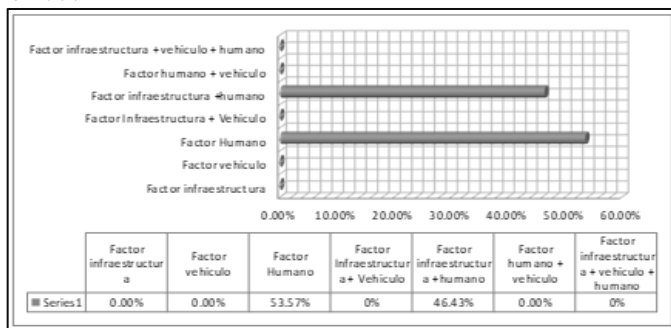
A las medidas relacionadas con el tratamiento de márgenes, a saber, desmonte de talud se les asigna una mitigación media de accidentes, pues se trata de medidas que facilitan las condiciones del entorno en el que se circula, pero no afectan directamente a comportamientos detectados en los usuarios, como por ejemplo, el exceso de velocidad; a las medidas relacionadas con la instalación de dispositivos de contención de vehículos, se les asigna una mitigación baja de accidentes, pues la colocación de una barrera de concreto prefabricado contribuye a la atenuación de las consecuencias derivadas del mismo reduciendo la gravedad de las lesiones de las víctimas implicadas en el accidente, pero en ningún caso ha contribuido a la reducción de accidentes.

### Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000

A continuación, se muestra, a partir de los datos disponibles de los accidentes registrados en comisaría en los años 2016, 2017 y parte del 2018, la influencia de los factores en los accidentes. Los factores estudiados son el factor humano, el factor infraestructura y factor vehículo. En este análisis los factores climáticos que aparecen de manera recurrente, como puede ser la neblina o la lluvia, se consideran factores de infraestructura al poder considerarse que ésta no dispone de los medios adecuados para hacer seguridad la circulación de los diferentes usuarios.



Diagrama de la influencia de los factores en los accidentes en la carretera PE-INA del KM 00+000 al KM 25+000



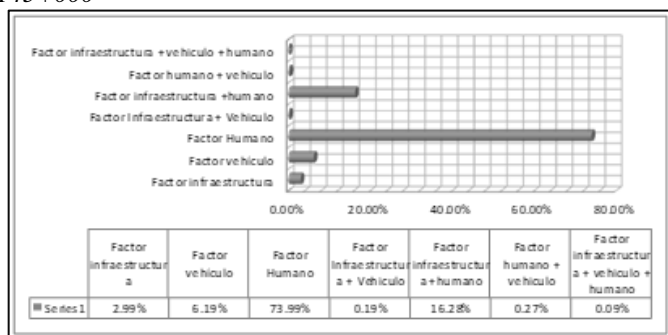
Según los datos disponibles y como se refleja en la ilustración anterior, en todos los accidentes registrada en la carretera PE-INA aparece el factor humano asociado siendo en el 46.43% de los casos concurrente con el factor infraestructura. El factor vehículo no aparece como factor con influencia en los accidentes en el serpentín. Por tanto, la propuesta de actuación se dará en función al factor humano, recomendando que la infraestructura perdone el error humano. Se debe implementar medidas correctoras para evitar despistes y/o malas actuaciones de los conductores, concienciando a la población de la importancia de cumplir las normas de seguridad vial. Para la reducción de los accidentes de tránsito, al ser el factor humano mayoritario, todas las áreas y agentes implicados deben involucrarse para realizar talleres y campañas de concienciación a la población. La mitigación de accidentes prevista en función de las medidas adoptadas se gradúa en alta, media o baja. Por otro lado, sería necesario disponer de bases de datos de accidentes más detalladas y consistentes, para poder abordar con un mínimo de garantías este tipo de trabajos. Además, a pesar de que no ha sido analizado, el fenómeno de la infranotificación de la accidentalidad por parte de la policía también afecta a este tipo de estimaciones. Por todo lo anterior, se considera que, en estas condiciones, cualquier estimación de este tipo puede resultar poco fiable. Hecha esta puntualización, se estima que: Las medidas relacionadas con la señalización y el balizamiento pueden tener un alto impacto en el usuario, dadas las carencias en equipamiento de este tipo que se han detectado en campo, con lo que se le asigna una mitigación alta de accidentes;

Las medidas relacionadas con la adecuación de intersecciones con otras carreteras y los accesos y salidas de la vía, se les asigna una mitigación alta de accidentes, pues suponen cambios sustanciales del trazado de la carretera y la manera en que el usuario ha de circular por ellas. A las medidas relacionadas con el tratamiento de márgenes, a saber, desmonte de talud se les asigna una mitigación media de accidentes, pues se trata de medidas que facilitan las condiciones del entorno en el que se circula, pero no afectan directamente a comportamientos detectados en los usuarios como, por ejemplo, el exceso de velocidad; A las medidas relacionadas con la instalación de dispositivos de contención de vehículos, se les asigna una mitigación baja de accidentes, pues la colocación de una barrera de concreto prefabricado contribuye a la atenuación de las consecuencias derivadas del mismo reduciendo la gravedad de las lesiones de las víctimas implicadas en el accidente, pero en ningún caso ha contribuido a la reducción de accidentes.

### Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000

A continuación, se muestra, a partir de los datos disponibles de los accidentes registrados en comisarías en los años 2015, 2016, 2017 y parte del 2018, la influencia de los factores en los accidentes.

Diagrama de la influencia de los factores en los accidentes en la carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000



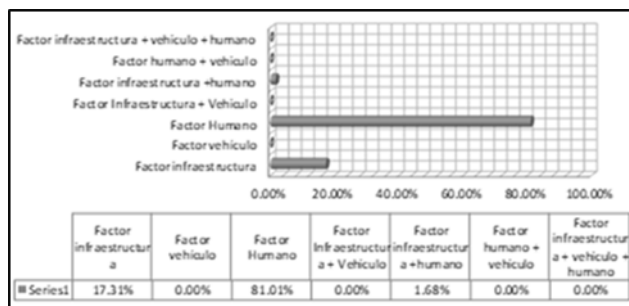
Según los datos disponibles y como se refleja en la ilustración anterior, en más del 93% de los accidentes registrados en la carretera PE-22 aparece el factor humano asociado siendo en el 16.62% de los casos concurrente con el factor infraestructura y en el 0.27% con el factor vehículo siendo insignificante el porcentaje en el que concurren los tres factores. En el 2.99% de los casos en factor determinante del accidente es exclusivamente el de infraestructura, siendo en el 6.19% de los accidentes exclusivamente el factor vehículo. Por último, en el 0.17% de los casos concurren el factor vehículo y el factor infraestructura. La mitigación de accidentes prevista en función de las medidas adoptadas se gradúa en alta, media o baja. Por otro lado, sería necesario disponer de bases de datos de accidentes más detalladas y consistentes, para poder abordar con un mínimo de garantías este tipo de trabajos. Además, a pesar de que no ha sido analizado, el fenómeno de la infranotificación de la accidentalidad por parte de la policía también afecta a este tipo de estimaciones. Hecha esta puntualización, se estima que: las medidas relacionadas con la señalización y el balizamiento pueden tener un alto impacto en el usuario, dadas las carencias en equipamiento de este tipo que se han detectado en campo, con lo que se le asigna una mitigación alta de accidentes; La adecuación de intersecciones con otras carreteras y los accesos y salidas de la vía, se les asigna una mitigación alta de accidentes, pues suponen cambios sustanciales del trazado de la carretera y la manera en que el usuario ha de circular por ellas.

Con el tratamiento de márgenes, a saber, retirada de arbolado y desmonte de talud se les asigna una mitigación media de accidentes, pues se trata de medidas que facilitan las condiciones del entorno en el que se circula, pero no afectan directamente a comportamientos detectados en los usuarios como, por ejemplo, el exceso de velocidad; con la instalación de dispositivos de contención de vehículos, se les asigna una mitigación baja de accidentes, pues la colocación de una barrera metálica contribuye a la atenuación de las consecuencias derivadas del mismo reduciendo la gravedad de las lesiones de las víctimas implicadas en el accidente, pero en ningún caso ha contribuido a la reducción de accidentes.

#### Carretera PE-3S del KM 00+000 al KM 25+000

A continuación, se muestra, a partir de los datos disponibles de los accidentes registrados en comisarías en los años 2015, 2016, 2017 la influencia de los factores en los accidentes. Los factores estudiados son el factor humano, el factor infraestructura y factor vehículo. En este análisis los factores climáticos que aparecen de manera recurrente, como puede ser la neblina o la lluvia, se consideran factores de infraestructura al poder considerarse que ésta no dispone de los medios adecuados para hacer seguridad la circulación de los diferentes usuarios.

*Diagrama de la influencia de los factores en los accidentes en la carretera PE-3S del KM 0+000 al KM 25+000*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de las comisarías

Según los datos disponibles y como se refleja en la ilustración anterior, en casi el 90% de los accidentes registrados en la carretera PE-3S entre los KM 0 y 25 aparece el factor humano asociado siendo en el 1.68% de los casos concurrente con el factor infraestructura. El factor infraestructura aparece como el único factor presente en el 17.65% de los accidentes mientras que el factor vehículo no aparece en ninguno de los accidentes registrados en las comisarías. La mitigación de accidentes prevista en función de las medidas adoptadas se gradúa en alta, media o baja. Por otro lado, sería necesario disponer de bases de datos de accidentes más detalladas y consistentes, para poder abordar con un mínimo de garantías este tipo de trabajos. Además, a pesar de que no ha sido analizado, el fenómeno de la infranotificación de la accidentalidad por parte de la policía también afecta a este tipo de estimaciones. Hecha esta puntualización, él se estima que:

Las medidas relacionadas con la señalización y el balizamiento pueden tener un alto impacto en el usuario, dadas las carencias en equipamiento de este tipo que se han detectado en campo, con lo que se le asigna una mitigación alta de accidentes; La adecuación de intersecciones con otras carreteras y los accesos y salidas de la vía, se les asigna una mitigación alta de accidentes, pues suponen cambios sustanciales del trazado de la carretera y la manera en que el usuario ha de circular por ellas. El tratamiento de márgenes, a saber, retirada de arbolado y desmonte de talud se les

asigna una mitigación media de accidentes, pues se trata de medidas que facilitan las condiciones del entorno en el que se circula, pero no afectan directamente a comportamientos detectados en los usuarios como, por ejemplo, el exceso de velocidad; La instalación de dispositivos de contención de vehículos, se les asigna una mitigación baja de accidentes, pues la colocación de una barrera metálica contribuye a la atenuación de las consecuencias derivadas del mismo reduciendo la gravedad de las lesiones de las víctimas implicadas en el accidente, pero en ningún caso ha contribuido a la reducción de accidentes.

### c) Identificación de tramos de concentración de accidentes - TCAS

¿Con el objeto de conseguir una adecuada caracterización de las variables que se registran en la carretera se lleva a cabo una tramificación de la misma a partir de las características del diseño geométrico, las condiciones orográficas, la localización de intersecciones con carreteras de categoría similar y respetando las variaciones de la carretera a lo largo de la misma? Conforme a lo expuesto, se obtienen los siguientes tramos de características homogéneas en los que se van a definir valores como intensidad de tráfico, velocidades, etc., y que quedan definidos por sus progresivas.

#### Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000.

*TCA en la carretera Nacional PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000*

TRAMO	Código Carretera	Nombre	Km inicial	Km final
1	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	38	44
2	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	44	71
3	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	71	75
4	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	75	78
5	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	78	100
2	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	44	71
3	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	71	75

#### Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000.

*TCA en la carretera Nacional PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000*

TCA	Departamento	Código Carretera	Nombre	Km inicial	Km final	Concesionaria
6	LIMA	PE-1NA	Serpentín Pasamayo	00	25	NORVIAL S.A.

#### Carretera PE-22 del Km 55+000 al Km 145+000

*TCA en la carretera Nacional PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000*

Tramo	Código Carretera	Nombre	Km inicial	Km final
1	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	55	65
2	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	65	76
3	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	76	95
4	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	95	106
5	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	106	119
6	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	119	131
7	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	131	140
8	PE-22	Emp. PE-1N (I. V. La Menacho) – Emp. PE-3 (Repartición La Oroya)	140	145

Fuente: Elaboración propia

#### Carretera PE-3S del Km 00+000 al Km 25+000

*TCA de la carretera Nacional PE-3S*

Departamento	Código Carretera	Nombre	Km inicial	Km final
Junin	PE-3S	Longitudinal de la costa sur	00	22

#### d) Datos del diseño geométrico de las carreteras existentes

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía. Por ello, se deberá evaluar el adecuado valor de velocidad de diseño y operación; y, sobre todo, se analizará las relaciones de comodidad entre este valor, la curvatura y el peralte. Para ello se analizó la existencia de una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha geometría y la visibilidad y capacidad de reacción, que el conductor tiene al operar un vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta, y a las eventualidades que puedan presentarse.

#### Tipos de las carreteras:

La clasificación de las carreteras en estudio tiene su importancia para los trabajos de inspección, en tanto que de la definición entregada para cada categoría se desprenden los requisitos básicos que deben cumplirse y que a la postre el usuario espera de los niveles de servicio de la carretera. Algunos de estos requisitos están relacionados con la seguridad activa, es decir, con las medidas que incorpora la carretera para evitar que se produzca accidentes (características geométricas del trazo, diseño de las intersecciones, prioridad en las intersecciones, calidad del pavimento, sección transversal adecuada, dimensiones de la sección de la franja, señalización, etc.), y otros con la seguridad pasiva, es decir, con las medidas que incorpora la carretera para minimizar la gravedad de los accidentes en el caso que se produzca (separador central, sistema de contención de vehículos, protectores laterales, etc.). Para la clasificación de la carretera se tuvo como referencia el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG- 2018, específicamente la sección 101 clasificación por demanda y sección 102 clasificación por orografía.

En función a la demanda tenemos la siguiente clasificación:

Clasificación	Demanda
<b>101.01 Autopistas de Primera Clase</b>	Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
<b>101.02 Autopistas de Segunda Clase</b>	Son carreteras con un IMDA entre 6 000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
<b>101.03 Carreteras de Primera Clase</b>	Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
<b>101.04 Carreteras de Segunda Clase</b>	Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo.
<b>101.05 Carreteras de Tercera Clase</b>	Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo.
<b>101.06 Trochas Carrozables</b>	Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m

En función a la orografía tenemos la siguiente clasificación:

Clasificación	Orografía
<b>102.01 Terreno plano (tipo 1)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%).
<b>102.02 Terreno ondulado (tipo 2)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6%.
<b>102.03 Terreno accidentado (tipo 3)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%.
<b>102.04 Terreno escarpado (tipo 4)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%.

#### Revisión de la seguridad vial en la red vial nacional

El objetivo de la revisión de la infraestructura vial en los tramos de análisis consiste en analizar el efecto sobre la seguridad vial que tiene la infraestructura. Para lo cual en primer lugar se analizará e identificará los principales problemas que presenta los tramos en materia de estudio y posteriormente se analiza la repercusión sobre los accidentes para ello se analiza los factores influyentes en la seguridad vial y se recomienda las propuestas de mejora cuidando que sean satisfactorios y aplicables de acuerdo con la necesidad y complejidad de cada tramo en estudio. Los aspectos estudiados son los siguientes: velocidad de proyecto, trazo en planta y alzado, sección transversal, visibilidad y distancia de parada, heterogeneidades y zonas específicas en el trazado, pavimento, drenaje, diseño de

puntos singulares, intersecciones, aproximación a travesías, dotaciones, señalización vertical, señalización horizontal y balizamiento, sistemas de contención, seguridad de otros usuarios, terrenos adyacentes, peatones y ciclistas.

Caracterización geométrica de la vía

Tal y como se indica en el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía. Uno de los propósitos del estudio geométrico es el de proporcionar la información necesaria para poder elaborar una serie de estudios fundamentales para conocer y determinar el nivel de seguridad de una carretera, como son el Estudio de Visibilidades, el Estudio de Velocidades y por último el Estudio de la Consistencia de las Características Geométricas. Para la caracterización geométrica de las vías correspondientes, se analizan cuatro aspectos fundamentales: perfiles longitudinales, secciones transversales, equipamiento de la carretera y puntos singulares. De acuerdo con la caracterización geométrica de la carretera, y los estudios de visibilidad, velocidad y consistencia.

#### e) Relación entre intensidad, velocidad y densidad

##### **Carretera PE-1NA entre los KM 38+000 al KM 100+000.**

Después de efectuar el análisis en campo se observa en la representación gráfica de las relaciones entre velocidad, densidad e intensidad se utilizarán los registros correspondientes al tramo I. En este tramo se representa el valor correspondiente a la intensidad punta, lo que supone el 10% de la misma. Por tanto, la intensidad media correspondiente será de 1.715 veh/h, la velocidad media registrada será de 66 km/h y la densidad, teniendo en cuenta que existen dos carriles por sentido, será de 13 veh/carril. Para la representación gráfica de las relaciones entre velocidad, densidad e intensidad se utilizarán los registros correspondientes al tramo I. En este tramo la intensidad media registrada es de 2.360 veh/h, la velocidad media registrada será de 77.5 km/h y la densidad, teniendo en cuenta que existen dos carriles por sentido, es de 16 veh/carril. En el caso de la carretera PE-1N entre las progresivas 38+000 y 44+000 como puede contemplarse que la Intensidad es alta, es decir, el flujo es intenso lo que provoca una densidad del tránsito alta, pudiendo condicionar en los momentos con mayores intensidades las velocidades que se desarrollan.

##### **Carretera PE-1NA entre los KM 00+000 al KM 25+000.**

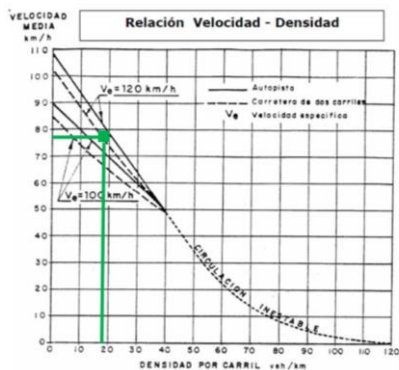
En el caso de la carretera PE-1NA, el Serpentin de Pasamayo, como se puede observar la Intensidad es alta, es decir, el flujo es intenso lo que provoca una densidad del tránsito alta y una velocidad baja, esta velocidad baja de los vehículos es provocada por el tránsito de vehículos pesados. La mayoría de los vehículos que circulan es tránsito de vehículos de carga con peso alto, lo que significa que el espaciamiento entre los autos es corto. En el caso de niebla en el Serpentin, con visibilidad inferior a 40 metros, a través de PMV (Paneles de Mensaje Variable) se prohíbe circular a velocidades superiores a 30 Km/h, así como la obligación del uso de las luces de cruce en situaciones de niebla. Para el presente estudio y en base a los valores obtenidos en proyectos de naturaleza similar al que se estudia, los resultados de los trabajos de campo realizado (matrices de viajes), el estado actual de los distintos tramos de la carretera en estudio y el tipo de intervención a realizar en un porcentaje del tráfico normal para el año de puesta en servicio (2019) en el tramo correspondiente.

##### **Carretera PE-22 entre los KM 55+000 al KM 145+000.**

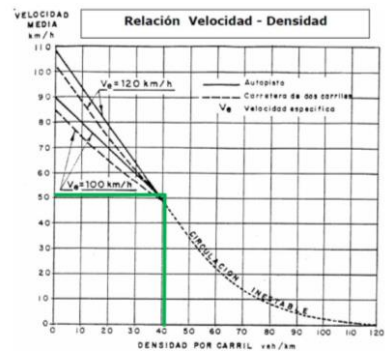
Para la representación gráfica de las relaciones entre velocidad, densidad e intensidad se utilizarán los registros correspondientes al tramo I. En este tramo se representa el de intensidad media de 1.901 veh/h, la velocidad media registrada será de 48.5 km/h y la densidad, teniendo en cuenta que existen dos carriles por sentido, será de 39 veh/carril. En el caso de la carretera PE-22 como puede contemplarse en la tabla de Densidad del Tránsito, y todos los valores obtenidos en campo, la Intensidad es muy alta, esto conlleva altas densidades que provocan que las velocidades de operación se vean condicionadas y que los usuarios tengan que adaptarse a las condiciones de tráfico no fluido.

##### **Carretera PE-3S entre los KM 00+000 al KM 25+000.**

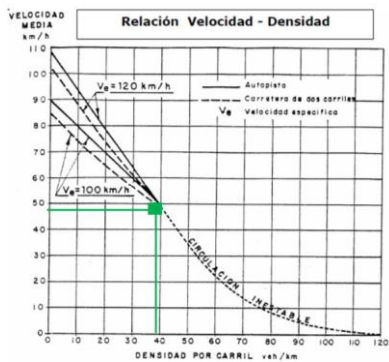
Para la representación gráfica de las relaciones entre velocidad, densidad e intensidad se utilizarán los registros correspondientes al tramo I. En este tramo la intensidad media correspondiente será de 1927 veh/h, la velocidad media registrada será de 72.5 km/h y la densidad será de 26 veh/carril. En el caso de la carretera PE-3S como puede contemplarse en la tabla de Densidad del Tránsito, y todos los valores obtenidos en campo, la Intensidad es alta, es decir, el flujo es intenso lo que provoca una densidad del tránsito alta, teniendo en cuenta que se trata de un carril por sentido. Estas intensidades llegan a generar situaciones de circulaciones inestables; en estas situaciones las velocidades de operación se ven afectadas por la alta densidad de circulación de la vía.



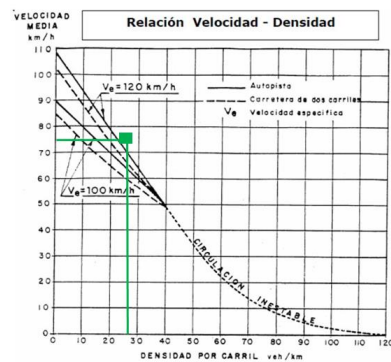
Carretera PE-1N del km 38+000 al km 100+000



Carretera PE-1NA entre los km 00+000 - 25+000



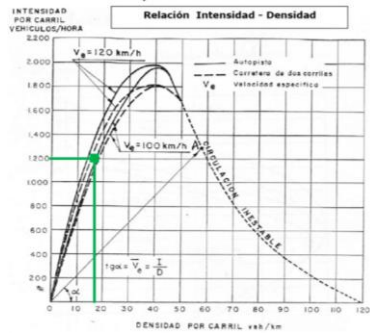
Carretera PE 22 entre los km 55+000-145+000.



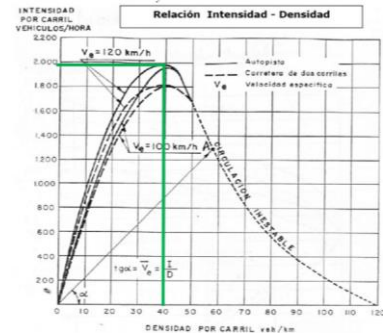
Carretera PE-3S entre los km 0+000-25+000

*Relación entre Velocidad y Densidad*

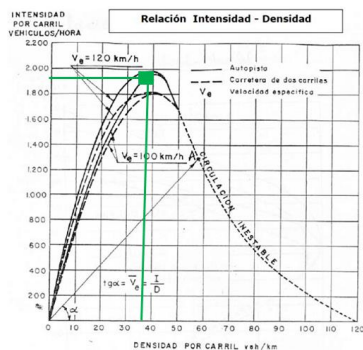
Fuente: Elaboración propia a partir de la gráfica del HCM 2010



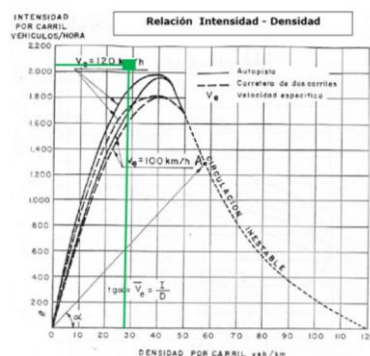
Carretera PE-1N del km 38+000 al km 100+000



Carretera PE-1NA entre los km 00+000 - 25+000

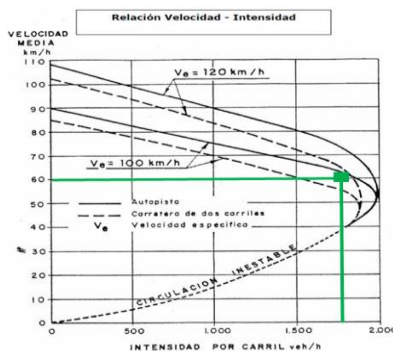


Carretera PE 22 entre los km 55+000-145+000.

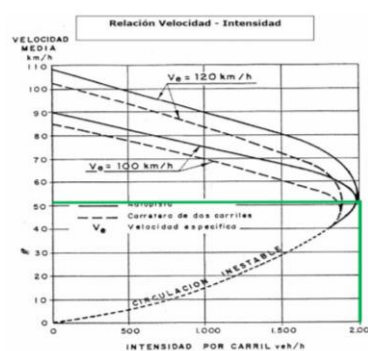


Carretera PE-3S entre los km 0+000-25+000

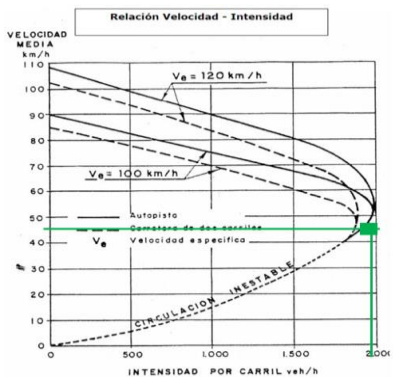
**Relación entre Intensidad y Densidad**  
 Fuente: Elaboración propia a partir de la gráfica del HCM 2010



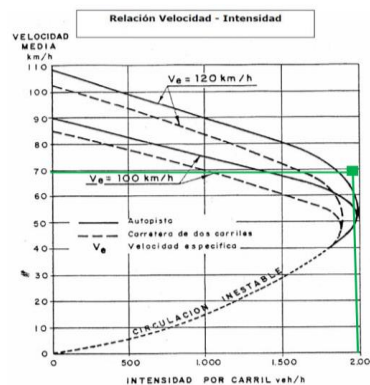
Carretera PE-1N del km 38+000 al km 100+000



Carretera PE-1NA entre los km 00+000 -25+000



Carretera PE 22 entre los km 55+000-145+000.



Carretera PE-3S entre los km 0+000-25+000

**Relación entre Velocidad e Intensidad**  
 Fuente: Elaboración propia a partir de la gráfica del HCM 2010

**f) Estado o condición de la infraestructura**

La inspección de seguridad vial, en este punto, tiene por objeto identificar las posibles deficiencias de la carretera que pueden causar un accidente de tráfico o bien aumentar la gravedad de este una vez que éste ha ocurrido. En este sentido, tanto la inspección en campo como la inspección en gabinete tratan de identificar elementos susceptibles de mejora.

### **Carretera PE-1N del km 38+000 al KM 100+000**

**Definición de La Carretera:** De acuerdo con la demanda, los tramos de la carretera responden a la definición de Autopista de Primera Clase, con un valor del IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día. Según las características del diseño geométrico, la carretera en principio presenta un diseño según los parámetros de Autopista de Segunda Clase, pues el control de accesos no es total, existen cruces o pasos vehiculares a nivel semaforizados, y puentes peatonales en zonas urbanas. Así mismo, los resultados del estudio de levantamiento fotogramétrico de la carretera han permitido conocer también el valor del ancho del carril, para poder determinar si el mismo se encuentra entre es mayor a 3,6 m. En cuanto a la clasificación por la orografía predominante del terreno por dónde discurre el trazado de la carretera, ésta se clasifica en Terreno Plano, con pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y pendientes longitudinales por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

**Trazado en planta y elevación:** La vía presenta tramos con terreno ondulado o plano, con tramos casi lineales, presentan curvas con radios grandes, es por ello que no se siente la curva. La ruta tiene 2 calzadas, cada calzada de 2 carriles, con intersecciones a nivel, y pendientes longitudinales que oscila hasta  $\pm 5\%$ , esto principalmente esta entre el km 38+000 al km 39+000. El ancho de sus carriles oscila entre 3.45 m a 3.70 m. La superficie de rodadura se encuentra pavimentada y a lo largo del recorrido presenta accesos vehiculares a nivel, mayormente en la zona urbana.

**Trazado en planta:** En la ruta ascendente su alineamiento es casi recto, sus tramos rectos tienen curvas con radios grandes, permitiendo una velocidad constante en su recorrido, la señal vertical indica una velocidad de 80km/h. En la ruta descendente su alineamiento es casi recto, sus tramos rectos tienen curvas con radios grandes, permitiendo una velocidad constante en su recorrido, la señal vertical indica unas velocidades de 60km/h y 40km/h. En este tramo ascendente y descendente hay estacionamiento para buses, donde algunos de los carriles bifurcan de la vía principal, para luego regresar a la vía principal. En esta ruta las longitudes tangentes exceden a la longitud máxima según manual, ya que afectaría por problemas de cansancio, deslumbramientos y no asegura la seguridad vial. Entre la progresiva del km 44+000 hasta el km 51+000, tiene tramos rectos largos, el cual excede la longitud de tramos en tangente. Entre la progresiva del km 52+000 hasta antes del km 71+000, tiene tramos rectos con curvas de radio grandes, con curvas y contracurvas permitiendo una velocidad constante en su recorrido. Entre la progresiva del km 72+000 hasta el km 75+000, del km 76+000 al km 78, del km 79+000 al km 83+000, del km 84+000 al km 95+000 y del km 96+000 al km 100+000, tiene tramos rectos largos, el cual excede la longitud de tramos en tangente indicados por el manual.

**Trazado en elevación:** Desde el km 38+000 hasta el km 39+000 en el tramo ascendente, cuenta con pendientes de -5%, para la velocidad indicada en la ruta de 80km/h tenemos distancia de parada de 141m de bajada en este tramo tiene guardavía en el lado derecho y en lado izquierdo muro New Jersey. Desde el km 39+000 hasta el km 44+000 en el tramo ascendente encontramos tramos rectos con pendientes entre  $\pm 2\%$  a  $\pm 3\%$ , para la velocidad indicada en la ruta de 80km/h, tenemos distancia de parada de 136 m de bajada y 123m de subida Desde el km 44+000 hasta el km 39+000 en el tramo descendente encontramos tramos rectos con pendiente promedio de 3%, para la velocidad indicada en la ruta de 60km/h y 40km/h, tenemos distancias de parada de 80m y 45m respectivamente, Desde el km 39+000 hasta el km 38+000 en el tramo descendente, cuenta con pendientes de +5%, para la velocidad indicada en la ruta de 60km/h y 40km/h tenemos distancia de parada de 78m y 44m de subida respectivamente, en el lado derecho tiene un talud pronunciado y en lado izquierdo está el muro New Jersey. Desde el km 44+000 hasta el km 71+000 en el tramo ascendente, cuenta con pendientes máxima de  $\pm 5.3\%$ , para la velocidad indicada en la ruta de 90km/h tenemos distancia de parada de 171m de bajada. Desde el km 72+000 hasta el km 97+000 en el tramo ascendente encontramos tramos rectos con pendientes entre  $\pm 5\%$ , para la velocidad indicada en la ruta de 60km/h, 45km/h tenemos distancia de parada de 91 m de bajada, 79m de subida y 65 m de bajada, 51m de subida. Desde el km 44+000 hasta el km 71+000 en el tramo descendente encontramos tramos rectos con pendiente promedio de  $\pm 5\%$ , para la velocidad indicada en la ruta de 60km/h y 80km/h, tenemos distancias de parada de 90m de bajada, 78m de subida y 142m de bajada y 120m de subida respectivamente. Desde el km 72+000 hasta el km 97+000 en el tramo descendente, cuenta con pendientes de  $\pm 5\%$ , para la velocidad indicada en la ruta de 60km/h y 80km/h tenemos distancia de parada de 90m de bajada, 78m de subida y 142m de bajada y 120m de subida respectivamente

**Intersecciones:** A lo largo de la vía hay algunas intersecciones y estas son a nivel, hay 2 intersecciones a desnivel. En algunos paraderos de buses o autos, no hay cruceros o puentes peatonales, las visibilidades son buenas no hay obstrucciones. Algunas intersecciones son en ángulo agudo en Y, ingreso y salida vehicular a la via principal, donde no hay obstrucción de visibilidad. Se ha observado también que no se señala la prioridad de paso en las intersecciones de vías pavimentadas con la carretera. Así mismo, las intersecciones con los accesos disponen de islas canalizadoras de los distintos flujos de circulación. Existen intersecciones donde ingresan a la vía principal vehículos a través de trocha, esto debido al aumento de centros poblados que están en la ruta esto se presenta entre las progresivas del km 44+000 a 47+000, también por las zonas urbano-rurales comprendidas entre el km 72+000 al 97+000 Entre las progresivas comprendidas del 75+000 al 97+000, algunas zonas utilizan como paraderos de forma irregular, sin que



se advierta mediante la señalización de forma apropiada situados en lugares de reducida visibilidad por las viviendas o chacras que están muy cerca a la vía principal, generando riesgos para los usuarios, a pesar de que son intersecciones que la misma población a creado (trochas) para que puedan transitar, o sacar sus productos. En el km 83+000, hay un ovalo, el cual no tiene obstrucciones de visibilidad

**Visibilidad:** En el tramo ascendente y descendente del km 38+000 hasta km 44+000, el trazado en planta cuenta con curvas con radios grandes según la velocidad de diseño y el trazo casi lineal no tiene inconveniente de visibilidad; En el tramo ascendente y descendente del km 38+000 hasta el km 44+000, en el trazo vertical, las pendientes de este tramo son mínimas por ello no tiene inconveniente de visibilidad. En el tramo ascendente y descendente del km 44+000 hasta km 54+000, estamos dentro de la zona urbana su planta cuenta con curvas con radios grandes según la velocidad de diseño no limita la visibilidad; las pendientes de este tramo y sus distancias de parada se encuentran dentro de los parámetros exigidos. En el tramo ascendente y descendente del km 54+000 hasta km 72+000, cuenta con curvas con radios grandes según la velocidad de diseño y el talud del terreno no limita la visibilidad; las pendientes de este tramo y sus distancias de parada se encuentran dentro de los parámetros exigidos En el tramo ascendente y descendente del km 72+000 hasta km 97+000, estamos dentro de la zona urbano rural su planta cuenta con curvas con radios grandes según la velocidad de diseño, hay reducida visibilidad por las viviendas o chacras que están muy cerca a la vía principal, que generan riesgo para los usuarios, por aquí transitan también equipos o maquinarias para chacra, mototaxis y bicicletas.

**Adelantamiento:** La topografía del lugar y la característica de las 2 calzadas con dos carriles, se puede realizar adelantamiento. En los tramos tangentes, normalmente delimitados por curvas en las que está prohibido el adelantamiento, la velocidad máxima permitida es de 80 km/h y la distancia de visibilidad de adelantamiento mínima habría de ser superior a 0.540 km. Sin embargo, de acuerdo a las observaciones realizadas en campo, la velocidad alcanzada por varios vehículos en las entre tangencias supera ampliamente el límite establecido, llegando a rebasar los 120 km/h, velocidad para la que la distancia de visibilidad de adelantamiento mínima es de 0.775 km. En estas situaciones, se constata que la señalización de prohibición de adelantamiento no se ajusta a la realidad observada. Las marcas horizontales del eje son línea discontinua blanca, permitiendo el paso al carril contrario, y se puede realizar el adelantamiento. La señalización de velocidad máxima permitida en tramos con tendencia a que se rebasen ampliamente los límites establecidos es escasa.

**Coherencia con la función de la carretera:** Desde el km 38+000 hasta el km 44+000 hay tramos rectos mayores a 1km por lo que no es conveniente para la seguridad vial. La velocidad en exceso que realiza los vehículos excediendo la velocidad máxima indicada no son conveniente para la seguridad vial Desde el km 46+000 hasta el km 50+000, del km 72+000 al km 75+000 hay tramos rectos mayores a 1km por lo que no es conveniente para la seguridad vial. La carretera además de transitar autos, buses y camiones es también usada por otros vehículos como mototaxis, tractores para la agricultura, bicicletas, por lo que faltaría reglamentar el tránsito de ello. La falta de intersecciones para cruces, ingreso y salida de vehículos no cuenta, y el que hay es a través de una trocha, además de falta de señalización.

**Geometría y equipamiento de la vía:** El tramo del km 38+000 hasta el 39+700, es una ruta con presencia de zona urbana, mayormente poblada sobre ambos márgenes de la carretera. Este tramo presenta una vía con doble calzada, que en su mayor recorrido tiene 2 carriles por calzada, con un ancho promedio de cada carril de 3.50 m., en el km 39+000, se observa la presencia de un puente peatonal que no tiene continuidad hacia los extremos, induciendo a los peatones a preferir el cruce por debajo del puente peatonal. se requiere la construcción de un puente peatonal inclusivo que permita el paso protegido y seguro de los peatones de un extremo a otro, en la progresiva 39+000 se aprecia que la intersección esta semaforizada y que es preferido para el cruce peatonal aun cuando está en fase de rojo. se requiere acondicionamiento y rediseño de los senderos peatonales.

#### **Ilustración: Conflicto Puente vs Cruce Semaforico**



Fuente: Elaboración propia

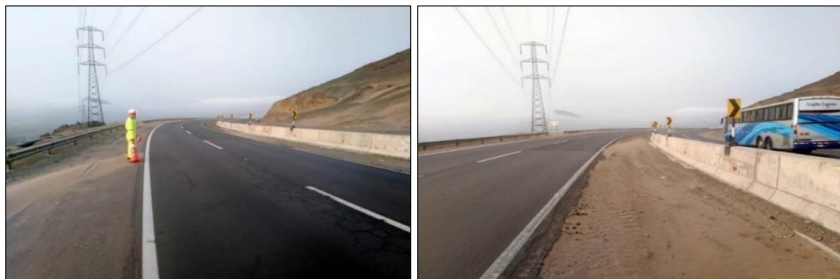
En la progresiva 39+500 se aprecia la presencia de zonas urbanas mayormente poblada sobre ambos márgenes de la carretera. este tramo presenta una vía con doble calzada con un ancho promedio de cada carril de 3.50 m. y un separador central con barrera new jersey a lo largo de su extensión. también se aprecia un espacio pequeño en el

separador central acondicionado para el cruce peatonal. se requiere una intervención directa mediante la construcción de un puente peatonal inclusivo que permita el paso protegido y seguro de los peatones.

El tramo del km 41+000 hasta el km 43+000, es una ruta con presencia de zona urbana, mayormente poblada sobre una margen de la carretera. este tramo presenta una vía con doble calzada, que en su mayor recorrido tiene 2 carriles por calzada, con un ancho promedio de cada carril de 3.50 m., los retiros laterales para el tramo km 41+000 hasta el km 42+000, tiene una dimensión de 6.00 m de ancho para ambos extremos. no presenta vía auxiliar, en el tramo del km 38+000 hasta el 44+000, existen barreras de concreto armado new jersey a lo largo del todo el tramo, ubicados a lo largo del separador central el cual separa ambas calzadas. esta separación impide el pase de los peatones hacia ambas aceras, produciendo actos temerarios a fin de conectar ambos extremos. es importante considerar puentes peatonales inclusivos que permita el paso protegido y seguro de los Peatones, el tramo del km 43+000 hasta el km 44+000, es una ruta con presencia de zona urbana, mayormente poblada sobre un margen de la carretera. este tramo presenta una vía con doble calzada, que en su mayor recorrido tiene 3 carriles por calzada, cuenta con un retiro lateral en el lado derecho que pasa de ser de 8.00 m a 3.50 m de ancho y en el lado izquierdo cambia de 8.00 m a 6.00 m., en el km 43+700 se encuentra un desvío y cambia de 3 carriles a solo 2 carriles tanto en el lado derecho como el izquierdo. también cambia de tener barreras de concreto armado a un separador central de 5.10 m de ancho con sardinel en mal estado y bermas de 0.20 m de ancho en el centro. en el km 44+000 se aprecia en el lado derecho el hito en un separador central con sardinel que une la carretera con un paso a desnivel. En tramo del km 63+000 hasta el km 64+000 cuenta con doble calzada con retiros laterales con un ancho de 2.85 m en el lado izquierdo y 2.45 m en el lado derecho; también cuenta con un separador central de 6.10 m de ancho y en este tramo del km 63+000 hasta el 63+500 presenta una orografía ondulada cuyas pendientes transversales son menores al 50%. se observa presencia de zona de neblina. se requiere la señalización de la vía con señales verticales fluorescente y señalización horizontal con microesferas de vidrio sembrados en el sentido del tráfico.

En La progresiva 68+000 hasta la progresiva 69+000 se aprecia una zona típica de carretera. Esta cuenta con doble calzada y retiros laterales con un ancho variable de 5.80 a 3.50 metros en el lado izquierdo y de 2.05 a 8.00 metros para el derecho. En el km 68+000 se observa un separador central de 5.75 m de ancho y en el km 69+000 pasa a ser un retiro lateral en el lado izquierdo de 3.50 m seguido de una separación central con barreras de seguridad de concreto armado (separador central new jersey) con un ancho de 0.90 m y un retiro lateral de 0.90 m en el lado derecho. A la altura del km 69+000 comienza inicia un guardavía

#### **Ilustración: Zona de Neblina**



El tramo del km 73+500, se observa la presencia de un colegio nacional. esta vía no permite una canalización segura de peatones ni contempla el cruce seguro de vehículos a nivel. se requiere la construcción de un regulador semafórico en la intersección o en su defecto la construcción de un puente peatonal inclusivo, para canalizar el paso seguro de peatones. En caso de la construcción del puente peatonal, será necesario cerrar el carril central con barreras new jersey, a fin de evitar el paso de peatones. En el km 75+000 se la conjunción de las carreteras pe 1na y pe 1n, el cual presente un entrecruzamiento inseguro. se requiere la construcción de intercambio vial a desnivel, a fin de garantizar la circulación ininterrumpida de los vehículos que circulan por la pe-1n y canalizar el paso seguro de peatones a nivel.

#### **Carretera PE-1NA del km 00+000 al KM 25+00**

**Definición de La Carretera:** De acuerdo con la demanda, los tramos de la carretera responden a la definición de Carretera de Primera Clase, con un valor del IMDA (Índice Medio Diario Anual) entre 4.000 veh/día y 2.001 veh/día. En cuanto a la clasificación por la orografía predominante del terreno por dónde discurre el trazado de la carretera, ésta se clasifica en Terreno Ondulado, con pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y pendientes longitudinales entre 3 y 6%.

**Trazado en planta y elevación:** La vía presenta tramos con terreno accidentado, así como tramos con terreno ondulado o plano y, en la mayoría de ellos se detecta curvas en las que no se tomó en cuenta el sobreechancho que facilite la circulación de vehículos de mayor longitud, por tanto, terminan invadiendo el carril contrario al circular por dichas curvas, La ruta cuenta con una calzada de 2 carriles de sentidos opuestos en todo su desarrollo, los cuales no pueden

invadirse mutuamente debido a la topografía del terreno y al trazado de la vía. El ancho de sus carriles oscila entre 3.30 m a 4.28 m. La superficie de rodadura se encuentra pavimentada, al inicio y al final del tramo presenta intersecciones y accesos vehiculares a nivel, mayormente en la zona urbana al inicio y final de la ruta. Desde el km 00+000 hasta el km 02+000 se encuentran curvas cerradas que limitan la velocidad y unas pendientes menores a 4%, en esta parte de tramo cuenta con intersecciones. A partir del km 02+000 hasta el km 07+000 la ruta comienza a ser más recta con curvas de radios grandes pero que no cumplen con la longitud máxima deseable, este tramo tiene unas pendientes menores a 3%. Desde el km 07+000 hasta el km 19+000 encontramos curvas cerradas con taludes que no permiten la visibilidad de la carretera, algunas de las longitudes de sus tangentes no cumplen con la longitud para la distancia de parada. Desde el km 19+000 hasta el km 22+700 se encuentra el último tramo de la ruta que cuenta con curvas de radios grandes y tramos rectos que facilitan la fluidez del tráfico vehicular llegando a la intersección con el km 75+000 de la ruta PE-1N con velocidades altas.

**Trazado en planta:** En esta ruta iniciamos en la ciudad, donde tenemos tramos rectos cortos con curvas con radios medianamente grandes, también tenemos intercalamiento de dos curvas con radios pequeños, el cual es peligroso, obligando a disminuir la velocidad, esto se desarrolla dentro de los dos primeros kilómetros. Entre la progresiva del km 2+000 hasta antes del km 7+000, tenemos tramos rectos con curvas de radio medianamente grandes, permitiendo una velocidad constante en su recorrido, antes de llegar a la progresiva del km 5+000 tenemos un peaje el cual los vehículos tienen que disminuir su velocidad, pasando el peaje ya no hay ciudad. Entre la progresiva del km 7+000 hasta la progresiva del km 19+000, debido a la topografía del terreno, hay tramos rectos cortos, con curvas y contracurvas que se encuentra intercaladas con algunas curvas de radio mínimo que no cumplen con la velocidad de diseño, Respecto a las curvas que hay de radio mínimo en la ruta, en muchos casos no se detectan los sobrecanchos establecidos en el manual que faciliten la circulación de vehículos de mayor longitud Entre la progresiva del km 19+000 hasta la progresiva del km del 22+700, tenemos tramos rectos con curvas de radio medianamente grandes, permitiendo una velocidad constante en su recorrido.

**Trazado en elevación:** Desde el km 00+000 hasta el km 02+000 cuenta con pendientes de  $\pm 3\%$  lo cual permite una visibilidad apropiada del desarrollo de la carretera. Desde el km 02+000 hasta el km 07+000 encontramos tramos rectos con pendientes menores a 3% los cuales nos permiten una distancia de parada de 87 m de basada y 80 m de subida. Desde el km 07+000 hasta el km 20+000 está conformado por curvas de radios pequeños y grandes con una pendiente promedio de 3% el cual no genera un inconveniente en la visibilidad. Desde el km 20+000 hasta el km 23+000 cuenta pendientes menores a 3% en un tramo casi recto, este permite una fluidez de vehículos.

**Intersecciones:** Hay una intersección a desnivel antes del km 1+000, que no afecta la circulación vehicular Hay una intersección a nivel al final de la ruta cuando se conecta a la ruta PE-1N En algunos casos las zonas colindantes a las intersecciones se utilizan como paraderos de bus o autos de forma irregular, sin que se advierta mediante la señalización de forma apropiada, con diseños geométricos estrictos y, en ocasiones situados en lugares de reducida visibilidad, generando riesgos para los usuarios de estos servicios (peatones)

**Visibilidad:** En el tramo del km 00+000 hasta km 02+000, su planta cuenta con dos curvas con radios inferiores a los mínimos según la velocidad de diseño lo cual limita la visibilidad; las pendientes de este tramo y sus distancias de parada se encuentran dentro de los parámetros exigidos. Del km 02+000 hasta el km 07+000 cuenta con tramos rectos con curvas de radios grandes, con pendientes longitudinales menores a 3%, los cuales no genera un inconveniente de visibilidad en su recorrido. Del km 07+000 hasta el km 19+000, la topografía que presenta este tramo es ondulado y escarpado por lo que se cuenta con muchas curvas e intercalamiento de curvas con radios pequeños debido al talud, en las zonas de curvas, limitan la visibilidad horizontal. Las pendientes longitudinales no exceden el 4%, lo cual no genera un inconveniente de visibilidad vertical. Por lo cual, la dificultad de este tramo son las curvas horizontales y el talud del lugar. Del km 19+000 al km 23+000 cuenta con tramos rectos con curvas de radios grandes, las pendientes longitudinales son menores a 4%, los cuales no genera un inconveniente de visibilidad en su recorrido.

**Adelantamiento:** La topografía del lugar y la característica de la calzada con dos vías opuestas no está equipada o no deja espacio para realizar adelantamiento, La señalización de velocidad máxima permitida en tramos curvos o en tramos con tendencia a que se rebasen ampliamente los límites establecidos, es escaso o nulo. En los tramos tangentes, normalmente delimitados por curvas en las que está prohibido el adelantamiento, la velocidad máxima permitida es de 60 km/h y la distancia de visibilidad de adelantamiento mínima habría de ser superior a 0.410 km. Sin embargo, de acuerdo a las observaciones realizadas en campo, la velocidad alcanzada por varios vehículos en las entre tangencias supera ampliamente el límite establecido, llegando a rebasar los 100 km/h, velocidad para la que la distancia de visibilidad de adelantamiento mínima es de 0.670 km. En estas situaciones, se constata que la señalización de prohibición de adelantamiento no se ajusta a la realidad observada. La señalización vertical indica la prohibición del adelantamiento y las marcas horizontales del eje son línea continua amarilla, prohibiendo el paso al carril contrario.

**Coherencia con la función de la carretera.** Desde el km 02+000 hasta el km 04+000 se encuentra un tramo recto el cual no cumple con la longitud máxima deseable para la velocidad de diseño. En varios tramos de la ruta la longitud

de la tangente no cumple con la necesaria para la distancia de parada. Las curvas en las cuales tienen una tangente de longitud pequeña no cumplen con el diseño que se demanda en la carretera.

**Geometría y equipamiento de la vía:** En tramo del km 01+000 hasta el km 02+000 cuenta con una calzada de dos carriles en su mayor recorrido, retiros laterales con un ancho que varía desde 20.00 m hasta 8.00 m en el lado izquierdo y de 20.00 m hasta 14.00 m en el lado derecho. La pendiente longitudinal en este tramo es baja no superan el 4%, en este tramo no hay talud, sus pendientes transversales son menores al 10. En el tramo 1+000 se observa un cruce semaforizado a nivel y un paradero informal de buses de transporte Público. Se requiere la construcción de un paradero de buses, con bahías en ambos lados. En tramo del km 15+000 hasta el km 16+000 cuenta con una calzada de dos carriles, bolardos y retiros laterales con un ancho que varía desde 4.95 m hasta 5.00 m en el lado izquierdo y de 3.40 m hasta 3.35 m en el lado derecho. En este tramo se presenta una orografía escarpada cuyas pendientes transversales son mayores al 100%. se observa presencia de zona de neblina. se requiere que la señalización de la vía con señales verticales fluorescentes y señalización horizontal con microesferas de vidrio sembrados en el sentido del tráfico. A partir de la progresiva 5+500, la vía no presenta separador central. la delimitación de los sentidos de circulación se realiza mediante señalización horizontal, en tal sentido es necesario que la señalización horizontal se realice con microesferas de vidrio sembrados en el sentido del tráfico

#### **Ilustración: Delimitación de Carril con señalización Horizontal**



En tramo del km 17+000 hasta el km 18+000 cuenta con una calzada de dos carriles, retiros laterales con un ancho que varía desde 3.10 m hasta 12.20 m de ancho en el lado izquierdo y por el lado derecho bolardos y retiros laterales de 4.00 m hasta 1.75 m de ancho. En este tramo se presenta una orografía escarpada cuyas pendientes transversales son mayores al 100%.

#### **Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+00**

**Definición de La Carretera:** De acuerdo con el Manual de Carreteras. Diseño Geométrico DG- 2018, las carreteras se clasifican según demanda o según la orografía por el que discurren. En este sentido, la carretera objeto de la inspección se clasifica como una Carretera de Primera Clase, al tratarse de una carretera con una demanda mayor a 2,000 veh/día. Así mismo, los resultados del estudio de levantamiento fotogramétrico de la carretera determinan que el ancho de carril es como mínimo de 3,60 m, correspondiente a Carreteras de Primera Clase. En cuanto a la clasificación por la orografía predominante del terreno por dónde discurre el trazado de la carretera, ésta se clasifican en Terreno Ondulado en su primeros kilómetros, con pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y pendientes longitudinales entre 3% y 6 %; en Terreno Accidentado en la mayoría del tramo, con pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y pendientes longitudinales entre 6% y 8%, presentado finalmente algún subtramo Escarpado, con pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

**Trazado en planta y elevación:** La carretera cuenta con una calzada de 2 carriles opuestos en todo su desarrollo, los cuales no pueden invadirse mutuamente debido a la topografía del terreno y al trazado de la vía, desde el km 69+000 hasta el km 72+000, en el sentido ascendente, cuentan con tramos donde se aumenta un carril. El ancho de los carriles oscila entre 3.60m a 4.10 m, la superficie de rodadura se encuentra pavimentada La carretera cuenta con curvas de radios grandes que junto a las pendientes menores a 5% no representan una dificultad para la visibilidad ni para las intersecciones y adelantamiento. Por otro lado, la mayoría de las curvas cerradas son obstruidas por elementos (talud y/o vegetación) que dificulta la visibilidad, cruce de las intersecciones y adelantamiento.

**Trazado en planta:** Debido a la topografía del terreno, hay tramos rectos de corta longitud, con curvas y contracurvas que se encuentran intercaladas con curvas de radios pequeños que no permiten una velocidad constante en su recorrido. El km 133+000 hasta el km 136+000 cuentan con curvas de grandes radios y tangentes rectas de longitudes que ayuda a satisfacer la distancia de parada. Las señales verticales indican unas velocidades de 30km/h, 35km/h, 40km/h,



45km/h, 50km/h y 60km/h. En la mayor parte de la ruta se tiene tramos rectos largos los cuales exceden la longitud mínima en tangente.

**Trazado en elevación:** El terreno cuenta con pendiente variadas inferiores al 6%, lo cual permite una buena visibilidad durante las curvas convexas y cóncavas lo que provoca una fluidez vehicular. Se aprecian pocos puntos de inflexión en el desarrollo de la carretera.

**Intersecciones:** Desde el km 55+000 hasta el km 74+000 encontramos 23 intersecciones que llegan desde trocha, y 2 que llegan desde una carretera. Desde el km 74+000 hasta el km 77+000 la carretera intersectada al distrito Matucana. A partir del km 77+000 hasta el km 93+000 la carretera es intersectada 30 veces los cuales 15 son desviaciones por trocha y 15 llegadas por una trocha. Desde el km 93+000 hasta el km 95+000 la carretera cruza el distrito de San Mateo. Desde el km 95+000 hasta el km 105+000 nos encontramos con 4 desviaciones por trocha y 4 ingresos a la carretera por trocha, también cuenta con 2 desviaciones hacia un centro poblado. Desde el km 105+000 hasta el km 108+000 nos encontramos con el distrito de Chicla donde la carretera en algunas partes bordea el distrito y en otras cruza el distrito. Desde el km 108+000 hasta el km 144+000 encontramos 13 desviaciones y 13 llegadas, ambas por trochas.

**Visibilidad:** Durante los 16 primeros kilómetros se encuentran unas curvas cerradas con taludes que dificultan la visibilidad de la carretera. A partir del km 66+000 hasta el km 85+000 no hay elementos que puedan afectar la visibilidad en casi todo el tramo. Durante los 4 kilómetros siguientes nos encontramos con curvas cerradas con un talud que dificultan la visibilidad. Desde el km 89+000 hasta el km 95+000 se cuenta con una buena visibilidad, con excepción de 2 puntos ubicados en el km 91+000 y 92+000 los cuales cuentan con taludes elevados. A partir del km 95+000 hasta el km 115+000 nos encontramos con curvas cerradas y con taludes en la mayor parte de este tramo. Durante 4 km la carretera cuenta con tangentes prolongadas y curvas de grandes radios que facilitan la visibilidad. Desde el km 119+000 hasta el km 130+000 la carretera está conformada por curvas con radios pequeños y taludes elevados que dificultan la visibilidad. Desde el km 130+000 hasta el m 145+000 se tiene curvas cerradas, pero sin elementos que obstruyan la visibilidad del resto de la carretera, y radios grandes que no generan un problema para la visibilidad con excepción de algunos que se encuentran ubicados en el inicio del km 136+000, 140+000.

**Adelantamiento:** El km 73+000 en donde se aumenta un carril adicional donde se permite el adelantamiento y cuenta con tangentes de longitudes grande donde permite el adelantamiento utilizando en carril opuesto.

**Coherencia con la función de la carretera:** La mayoría de las curvas cerradas no cuenta con una visibilidad adecuada debido a un elemento que obstruye la visibilidad de la continuación de la carretera, ya sea por la topografía del terreno o la vegetación.

**Geometría y equipamiento de la vía:** En tramo del km 62+000 hasta el km 63+000 cuenta con una calzada de dos carriles (ascendente y descendente), en el km 63+000 cuenta un retiro lateral de 4.00 m por el lado izquierdo y por el lado derecho una cuneta de 1.10 m de ancho en todo el kilómetro. En el km 63+100 presenta una curva vertical cóncava combinada con una curva horizontal hacia la derecha, con una pendiente longitudinal de 6%, esto es importante debido a que tenemos una ruta que aumenta el riesgo de un accidente. Según lo indicado, al tener pendiente longitudinal mayor al 6%, talud mayor al 100%, y por las observaciones que, de adelantamiento y velocidades mayores a lo establecido, limita la distancia de visibilidad de adelantamiento por el cual se debe tener cuidado y previsión con la visibilidad horizontal y vertical.

#### **Ilustración: Vista Ascendente Carretera PE-22, progresiva 62+000 – 63+000**



En tramo del km 64+000 hasta el km 65+000 cuenta con una calzada de dos carriles, por el lado izquierdo se encuentra un retiro lateral con un ancho de 4.00 m y una cuneta de 1.10 m de ancho, por el lado derecho una cuneta con 1.10 m de ancho. A la altura del km 66+000 cambia a tener retiro lateral de 0.65 m a la tanto en la izquierda como la derecha y desaparecen las cunetas. En este tramo no hay presencia de señalización de velocidades, esto es importante debido que tenemos una ruta sinuosa con muchas curvas horizontales que aumenta el riesgo a un accidente. Según lo indicado en los ítems anteriores, al tener pendiente longitudinal mayor al 6%, talud mayor al 100%, y por las observaciones que, de adelantamiento y velocidades mayores a lo establecido, limita la distancia de visibilidad de adelantamiento

por el cual se debe tener cuidado y previsión con la visibilidad horizontal y vertical. Asimismo, se observa presencia de zona de neblina. se requiere que la señalización de la vía con señales verticales fluorescentes y señalización horizontal con microesferas de vidrio sembrados en el sentido del tráfico.

En tramo del km 99+000 hasta el km 101+000 cuenta con una calzada de dos carriles, en el km 99+000 tiene un retiro lateral de 4.00 m por el lado izquierdo y una cuneta de 1.10 m por el lado derecho, en el km 100+000 cuenta con dos cunetas de 1.10 m en ambos extremos y en el km 101+000 cuenta con un retiro lateral de 0.25 m en el lado izquierdo y una cuenta de 1.10 m por el lado derecho junto con un retiro de 0.25 m en el lado derecho. En este tramo se presenta una orografía escarpada cuyas pendientes transversales son mayores al 100%. La pendiente longitudinal de este tramo es mayor al 8%. Según lo indicado en los ítems anteriores, al tener pendiente longitudinal mayor al 8%, talud mayor al 100%, y por las observaciones que, de adelantamiento y velocidades mayores a lo establecido, limita la distancia de visibilidad de adelantamiento por el cual se debe tener cuidado y previsión con la visibilidad horizontal y vertical.

### **Carretera PE-3S del KM 00+000 al KM 25+000**

**Definición de La Carretera:** De acuerdo con el Manual de Carreteras. Diseño Geométrico DG- 2018, las carreteras se clasifican según demanda o según la orografía por el que discurren. En este sentido, la carretera objeto de la inspección se clasifica como una Carretera, al tratarse de una carretera pavimentada con una calzada de dos carriles, cruces o pasos vehiculares a nivel y en algunos casos dispositivos de seguridad vial en zonas urbanas. Se determina que, de acuerdo con la demanda, los tramos de la carretera responden a la definición de Carretera de Segunda Clase, con un valor del IMDA (Índice Medio Diario Anual) entre 2.000 y 400 veh/día. En cuanto a la clasificación por la orografía predominante del terreno por dónde discurre el trazado de la carretera, ésta se clasifica en Terreno Accidentado, con pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y pendientes longitudinales entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

**Trazado en planta y elevación:** La vía presenta tramos con terreno accidentado, así como tramos con terreno ondulado o plano y, en la mayoría de ellos se detecta curvas en las que no se tomó en cuenta el sobreancho que facilite la circulación de vehículos de mayor longitud, por tanto, terminan invadiendo el carril contrario al circular por dichas curvas. La ruta cuenta con una calzada de 2 carriles de sentidos opuestos en todo su desarrollo, los cuales no pueden invadirse mutuamente debido a la topografía del terreno y al trazado de la vía. El ancho de sus carriles oscila entre 3.35 m a 4.20 m. La superficie de rodadura se encuentra pavimentada, y a lo largo del recorrido presenta accesos vehiculares a nivel, mayormente en la zona urbana. Desde el km 00+000 hasta el km 02+000 encontramos curvas abiertas con pequeños rectos, con pendientes inferiores a  $\pm 3\%$  en esta parte de tramo cuenta con unas interacciones debido a que se encuentra en ciudad, entre los km 02+000+ hasta el km 4+000 km se tienen curvas abiertas con tramos rectos que no cumplen con la longitud máxima deseable, este tramo tiene pendiente inferior  $\pm 2\%$ , además, entre el km 04+000+ hasta el km 12+000 km se tienen curvas cerradas con taludes que no permiten la visibilidad de la carretera con tramos grandes rectos el con pendiente inferiores  $\pm 3\%$  y entre el km 12+000+ hasta el km 25+000 km se tienen curvas grandes y tramos rectos que facilitan la fluidez del tráfico vehicular con pendientes inferiores  $\pm 3\%$ .

**Trazado en planta:** En la ciudad de SUDETE antes de la Oroya, tenemos un intercalamiento de tramos rectos cortos que varían entre 50-150 m, con curvas con radios medianamente pequeños que varían de longitud entre 20-125 m, también tenemos intercalamiento de dos curvas con radios pequeños, el cual es peligroso, obligando a disminuir la velocidad, esto se desarrolla dentro de los dos primeros kilómetros. Respecto a las curvas, se han detectado un gran número de ellas de radio reducido para adaptarse a las condiciones del terreno en las que, en muchos casos, no se detectan los sobreanchos establecidos en el manual que faciliten la circulación de vehículos de mayor longitud. Entre la progresiva del km 02+000 hasta antes del km 04+000, tenemos tramos rectos medianamente grande que varían entre 300-400 m con curvas de radio medianamente grandes que varían de longitud entre 200 -400 m, permitiendo una velocidad constante en su recorrido, entre la progresiva del km 04+000 hasta la progresiva del km 12+000, debido a la topografía del terreno, hay tramos rectos cortos y largos, con curvas y contra curvas que varían que se encuentra intercaladas con algunas curvas de radio mínimo que no cumplen con la velocidad de diseño. Además, entre la progresiva del km 12+000 hasta la progresiva del km 25+000, debido a la topografía del terreno, existen tramos rectos largos con curvas y contracurvas que se encuentra intercaladas Los itinerarios peatonales en las zonas de transición entre zonas rurales y urbanas no se advierten o señalizan convenientemente, provocando situaciones de riesgo

**Trazado en elevación:** Desde el km 00+000 hasta el km 02+000 encontramos una sucesión de curvas cóncavas y convexas con radios tangentes de longitudes que varían entre 50-250m con tramos recto que varían entre 30-150 m con pendientes menores a  $\pm 3\%$  lo cual no genera un inconveniente en la visibilidad, así como desde el km 02+000 hasta el km 04+000 encontramos una sucesión de curvas cóncavas y convexas con radios tangentes de longitudes que varían entre 250 m con tramos recto que varían entre 400-900 m con pendientes menores a  $\pm 2\%$  lo cual permite una visibilidad apropiada del desarrollo de la carretera siendo en el tramo km 02+600 m encontramos un radio tangente menor a 150 m que puede dificultar la visibilidad, además desde el km 04+000 hasta el km 08 +000 encontramos una

sucesión de curvas cóncavas y convexas con radios tangentes de longitudes que varían entre 100-500 m con tramos cortos y largos que varían de longitud entre 40-350 m con pendientes menores a  $\pm 4\%$  y del km 08+000 hasta el km 12+000 encontramos una sucesión de curvas cóncavas y convexas de radios tangentes de longitudes que varían entre 100- 250 m en el cual observamos que en su mayoría son tramos rectos largos que varían de longitud entre 50- 600m con pendientes menores a  $\pm 3\%$  lo cual permite una fluidez de vehículos. Asimismo, en el km 12+000 hasta el km 25+000 encontramos una sucesión de curvas cóncavas y convexas con radios tangentes de longitudes que varían entre 100-50 m, en el cual observamos que en su mayoría son tramos rectos largos varían entre 200-000 m con pendientes menores a  $\pm 3\%$  lo cual permite una visibilidad apropiada del desarrollo de la carretera.

**Intersecciones:** Hay una intersección a desnivel antes del km 0+000, de la ruta que viene de Amachay a la Sudete que no afecta la circulación vehicular, mientras que saliendo de la Oroya después del km 02+000 de la ruta hay una intersección que viene de una vía auxiliar que pasa por un puente que se conecta a la vía principal También se pudo identificar una intersección a nivel al final de la ruta por el km 25+000 que proviene de un puente que se conecta a la vía principal, así como en algunos casos las zonas colindantes a las intersecciones se utilizan como paraderos de taxis o combis de forma irregular, sin que se advierta mediante la señalización de forma apropiada, con diseños geométricos estrictos y, en ocasiones situados en lugares de reducida visibilidad, generando riesgos para los usuarios de estos servicios (peatones) Se detectan también con mucha frecuencia que no se señala la prioridad de paso en las intersecciones de vías pavimentadas con la carretera. Así mismo, las intersecciones con los accesos no disponen de islas canalizadoras de los distintos flujos de circulación, prácticamente en ningún caso

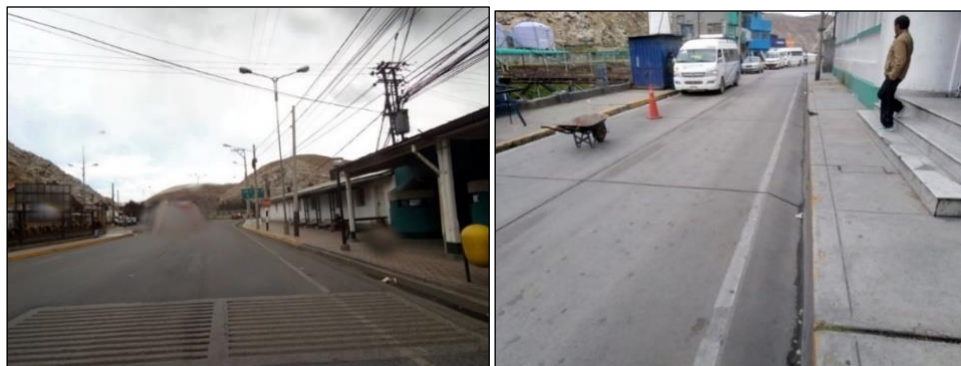
**Visibilidad:** En cuanto a la visibilidad entre el tramo del km 00+000 hasta km 02+000, su planta cuenta con curvas con radios inferiores a los mínimos según la velocidad de diseño lo cual limita la visibilidad; las pendientes de este tramo y sus distancias de parada se encuentran dentro de los parámetros exigidos y del km 02+000 hasta el km 04+000 encontramos una sucesión de curvas cóncavas y convexas con los radios mínimos permitido donde las pendientes de este tramo y sus distancias de parada se encuentran dentro de los parámetros exigidos. Por otro lado, del km 04+000 hasta el km 12+000, la topografía que presenta este tramo es ondulado y escarpado por lo que se cuenta con muchas curvas e intercalamiento de curvas con radios pequeños debido al talud, en las zonas de curvas, limitan la visibilidad horizontal. Las pendientes longitudinales no exceden el 4%, lo cual no genera un inconveniente de visibilidad vertical. Por lo cual, la dificultad de este tramo son las curvas horizontales y el talud del lugar y del km 12+000 hasta el km 25+000, la topografía que presenta este tramo es ondulado y escarpado por lo que se cuenta con muchas curvas e intercalamiento de curvas con radios medianamente grande en las zonas de curvas lo cual no limitan la visibilidad horizontal. Las pendientes longitudinales no exceden el 3%, lo cual no genera un inconveniente de visibilidad vertical. Por lo cual, la dificultad de este tramo son las curvas horizontales y el talud del lugar.

**Adelantamiento:** La topografía del lugar y la característica de la calzada con dos vías opuestas no está equipada o no deja espacio para realizar adelantamiento, y la señalización de velocidad máxima permitida en tramos curvos o en tramos con tendencia a que se rebasen ampliamente los límites establecidos, es escaso o nulo. En los tramos tangentes, normalmente delimitados por curvas en las que está prohibido el adelantamiento, la velocidad máxima permitida es de 50 km/h y la distancia de visibilidad de adelantamiento mínima habría de ser superior a 0.345 km. Sin embargo, de acuerdo con las observaciones realizadas en campo, la velocidad alcanzada por varios vehículos en las entre tangencias supera ampliamente el límite establecido, llegando a rebasar los 100 km/h, velocidad para la que la distancia de visibilidad de adelantamiento mínima es de 0.670 km. En estas situaciones, se constata que la señalización de prohibición de adelantamiento no se ajusta a la realidad observada. La señalización vertical indica la prohibición del adelantamiento y las marcas horizontales del eje son línea continua amarilla, prohibiendo el paso al carril contrario

**Coherencia con la función de la carretera:** Desde el km 00+000 hasta el km 02+000 se encuentra 2 curvas cerradas de las cuales cuentan con pendientes debido a que están en ciudad

**Geometría y equipamiento de la vía:** En tramo del km 00+000 hasta el km 01+000 cuenta con una calzada de dos carriles. En el km 00+000, por el lado izquierdo se aprecia una vereda de 1.50 m de ancho y una cuneta de 1.00 m de ancho, por el lado derecho se aprecia una vía férrea de 5.40 de ancho, una vereda de 2.00 m de ancho y una cuneta de 1.00 m de ancho. En el km 01+000, por el lado izquierdo se aprecia una vereda de 1.50 m de ancho y una cuneta de 1.00 m de ancho, por el lado derecho se aprecia una vereda de 2.50 m de ancho con una cuneta de 1.00 m de ancho. En el km 0+725 presenta una curva vertical convexa que deriva hacia una curva vertical cóncava en el km 0+900 hacia la izquierda en una curva horizontal, con una pendiente longitudinal de 13%. La pendiente longitudinal en este tramo del km 0+000 hasta el 1+400, son elevadas, superando el 8%, en este tramo no hay talud, su pendiente transversal en este tramo del km 0+000 hasta el 1+400, son menores al 10%.

### Ilustración 1. Conflicto vehículos - Peatón



En tramo del km 05+000 hasta el km 06+000 cuenta con una calzada de dos carriles, por el lado izquierdo cuenta con una cuneta de 0.65 m de ancho y por el lado derecho tiene un retiro lateral de 6.00 m de ancho y en el km 5+505 presenta una curva vertical convexa combinada con una curva horizontal hacia la izquierda, con una pendiente longitudinal de 13%. Las pendientes longitudinales del tramo km 5+100 hasta el 5+700 son elevadas, superando el 8%, en este tramo presenta una orografía escarpada, las pendientes transversales al eje del km 5+000 hasta el 5+700 son mayores al 100%. Se observa presencia de zona urbana. se requiere la señalización de la vía con señales verticales fluorescentes y señalización horizontal con microesferas de vidrio sembrados en el sentido del tráfico.

### Ilustración 2. Carretera PE 3S, progresiva 05+000



En el km 9+690 presenta una curva vertical cóncava combinada con una curva horizontal hacia la derecha, con una pendiente longitudinal de 7%. Las pendientes longitudinales del tramo km 9+600 hasta el 10+500 son elevadas, superando el 6%, en este tramo presenta una orografía escarpada, las pendientes transversales al eje del km 9+600 hasta el 10+500 son mayores al 100%. se requiere la señalización de la vía con señales verticales fluorescentes y señalización horizontal con microesferas de vidrio sembrados en el sentido del tráfico, asimismo, la instalación de barreras de contención según su nivel de contención a fin de proteger a los vehículos en caso de despiste

#### g) Características climáticas

La caracterización climática permitirá identificar zonas en las que se repitan con suficiente frecuencia algunos fenómenos atmosféricos que puedan afectar a la seguridad vial de los usuarios de la carretera, como lluvias, neblinas, hielo, vientos, acumulación de arena en la calzada, etc. En este sentido las condiciones climáticas cobran especial relevancia en el análisis de accidentalidad, al tratarse de un factor con gran afección si las condiciones son adversas, afectando por ejemplo a la adherencia de los neumáticos a la calzada, las condiciones de visibilidad, etc.

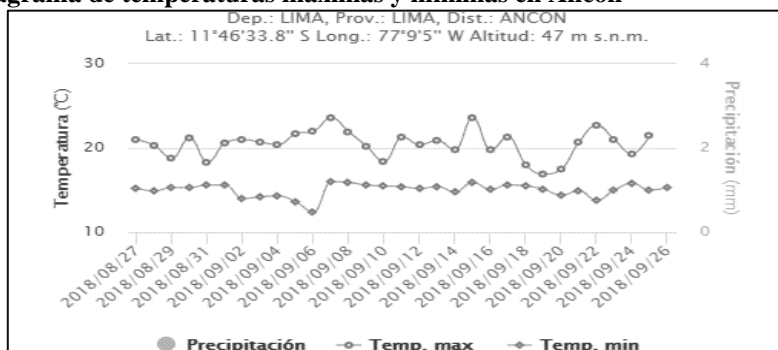
#### Carretera PE-1N del KM 38+00 al Km 100+000:

Para esta vía, perteneciente a la zona de costa, las características climáticas son las propias de un clima templado, con una temperatura máxima anual entorno a los 26 °C en los meses de febrero y marzo y una temperatura mínima de alrededor de 14°C en los meses de agosto y septiembre. Además, se trata de una zona donde no se suelen dar episodios de lluvia. En parte del tramo de estudio de la PE-1N del KM 38+00 al Km 100+000 posee un alto índice de peligrosidad por el clima, ya que, sobre los meses de abril a diciembre, existe gran cantidad de presencia de neblina, la cual se agudiza al caer la noche. A esto hay que sumar los deslizamientos de arena (arenamiento de la vía). Por otro lado, del



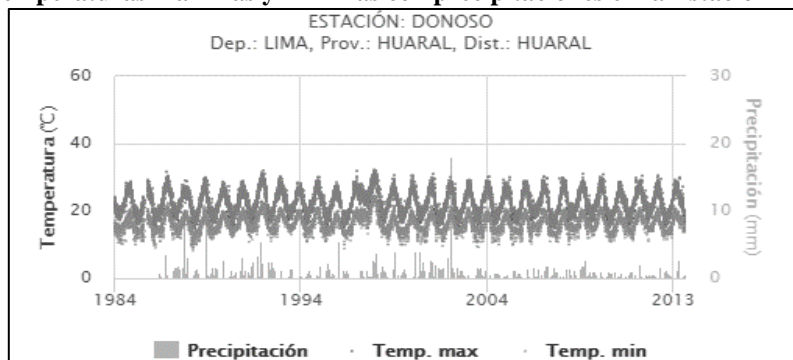
análisis de accidentalidad se desprenderán los datos de las zonas donde se registren accidentes por hidroplaneo o accidentes provocados por falta de visibilidad debidos, por ejemplo, a la presencia de neblina, lluvias más intensas, etc.

#### Ilustración. Diagrama de temperaturas máximas y mínimas en Ancón



Fuente: SENHAMI

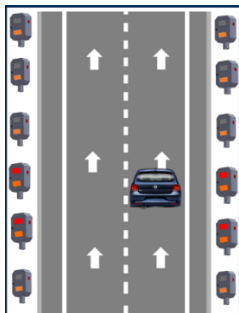
#### Diagrama de temperaturas máximas y mínimas con precipitaciones en la Estación Donoso



Fuente: SENHAMI

Como peculiaridad de este tramo destacan con especial relevancia los episodios de niebla muy densa y humedad, en el tramo de la Variante de Pasamayo, sobre todo entre los meses de abril y diciembre, en el invierno austral, la cual se agudiza al caer la noche. En estos momentos, la visibilidad es mínima y el asfalto está resbaladizo, por lo que la precaución a la hora de conducir este tramo ha de ser máxima. Además de esto, la carretera está construida en la ladera de un acantilado por lo que los desprendimientos y deslizamientos de arena también suponen un peligro.

En este sentido el problema de la niebla en la Variante de Pasamayo, se ha resuelto en otras carreteras con similares características mediante el uso de tecnología ITS, como es el caso de la autovía del Cantábrico A-8, a su paso por el Concello de Mondoñedo en Lugo (España), tratándose de una actuación llevada a cabo por la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior. A continuación, se explican en qué ha consistido esta actuación. Esta tecnología consiste en la segmentación del tramo de conflicto, basado en técnica ferroviaria, en secciones de igual longitud, por ejemplo 50 metros, colocando balizas detectoras en ambos márgenes de cada sección. Las citadas balizas detectoras consisten en un cuerpo físico con dos ventanas, la de la parte inferior con leds ámbar y la superior con leds rojo, sobre un poste de 1,50 metros sobre la calzada. Su funcionamiento sería de la siguiente manera: ante situaciones de una niebla determinada se encienden las ventanas inferiores de color ámbar que balizan el tramo conflictivo, indicando al conductor la traza de la autovía en condiciones de seguridad, al paso de un vehículo por una sección, entre dos balizas, éstas detectan su tránsito, momento en el cual se enciende de color rojo la parte superior de las dos primeras balizas de la sección. En su movimiento el vehículo activa las dos balizas de la segunda sección, y al seguir avanzando activa la tercera sección, iluminándose las ventanas superiores rojas de las balizas y se proceden a apagar las balizas de la primera sección. De esta manera el vehículo en su movimiento va llevando dos secciones de balizas por detrás encendidas en rojo, aproximadamente 100 metros, lo que le hace "visible" en su desplazamiento para los vehículos que le preceden.



Balizas detectoras



Para la detección de las condiciones de baja visibilidad por niebla, se precisa de la instalación en varios puntos de la autopista de cámaras de televisión y estaciones meteorológicas con visibilímetros que envíen información a un centro de gestión del tránsito con una frecuencia de, por ejemplo, un minuto ya que las condiciones de visibilidad cambian muy rápidamente. Gracias a esta monitorización se puede conocer en tiempo real la distancia de visibilidad en varios puntos de la autopista. La detección del vehículo por parte de la baliza se puede realizar por dos tipos diferentes de tecnologías: un radar efecto Doppler que cubre la semisección de la vía, determinando incluso por el carril que circula el vehículo y otra por un micrófono que detecta la frecuencia/ longitud de onda del sonido de la rueda con el pavimento (discrimina incluso vehículos ligeros de pesados), teniendo así una doble verificación de la detección. Adicionalmente el dispositivo cuenta con la instalación de paneles de mensaje variable (PMV) para informar a los usuarios de las condiciones de la vía y dar consejos o normas a cumplir y balizas delimitadoras de carril en el pavimento, margen derecho, para hacer visible la vía en condiciones adversas. Previo a la puesta en marcha del dispositivo, es necesario establecer un protocolo de actuación, mediante la aplicación y señalización de los niveles de servicio correspondiente en este tramo de la autopista y las medidas a tomar en cada caso. Sirva como ejemplo este protocolo que se muestra a continuación:

Visibilidad entre 250 y 120 metros → a través de PMV (Paneles de Mensaje Variable) se recomienda moderar la velocidad, así como la obligación del uso de las luces de cruce en situaciones de niebla  
 Visibilidad entre 120 y 65 metros → a través de PMV (Paneles de Mensaje Variable) se prohíbe circular a velocidades superiores de 80 Km/h, así como la obligación del uso de las luces de cruce en situaciones de niebla. Se activan las balizas detectoras.  
 Visibilidad entre 65 y 40 metros → a través de PMV (Paneles de Mensaje Variable) se prohíbe circular a velocidades superiores a 60 Km/h, así como la obligación del uso de las luces de cruce en situaciones de niebla. Se activan las balizas detectoras.  
 Visibilidad inferior a 40 metros → a través de PMV (Paneles de Mensaje Variable) se prohíbe circular a velocidades superiores a 40 Km/h, así como la obligación del uso de las luces de cruce en situaciones de niebla. Se activan las balizas detectoras.

#### **Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000**

**Arenamiento:** La invasión de arenas en la vía se realiza tanto por el talud de abajo como en proporción mayor por el de arriba. Las primeras ascienden desde la playa extraídas por el viento en bajamar de zonas donde probablemente afloran a la rompiente cursos submarinos de arenas semejantes a los denominados Chiflones. La otra cae por gravedad de la parte superior de la ladera que tiene inclinación integral no menor del ángulo de reposo de arenas secas y sueltas de 33°, hasta 40° cerca de Chancay. Las arenas que suben llevadas por vientos llamados arenodinámicos, es decir capaces de comenzar a poner en movimiento las partículas de arena arrastrándolas por solo rotación o deslizamiento, con más de 5 m/s, forman pequeñas dunas alargadas en la berma externa de la vía, lo que extendiéndose la invaden pudiendo constatar que logran pasar al talud superior ascendiendo por él.



Carretera PE-1NA KM 12+850  
detalles de contención de tierras para  
asegurar la cimentación de la barrera



Carretera PE-1NA arenamientos en la vía

La migración de arena se produce bajo estímulo de sequía, insolación y vientos días de verano fuertemente soleados y con fuertes virazones. Cuando predominan estas condiciones atmosféricas es mayor la caída de arena sobre la pista y en tardes cálidas y ventosas las arenas se convierten en fluidas y caen en cascadas, pero también una ráfaga fuerte las lleva a lo alto sin permitir que lleguen al asfalto, que es ocupado mayormente por arenas que suben del talud inferior. Se debe controlar mediante métodos de limpieza el régimen de la migración arenosa local para impedir su acción perjudicial sobre la pista.

**Niebla:** Para esta vía, pertenecientes a la zona de costa, las características climáticas son las propias de un clima templado, con una temperatura máxima anual entorno a los 26 °C en los meses de febrero y marzo y una temperatura mínima de alrededor de 14°C en los meses de agosto y septiembre. Además, se trata de una zona donde no se suelen dar episodios de lluvia. En parte del tramo de estudio de la PE-1NA del KM 00+00 al Km 25+000 posee un alto índice de peligrosidad por el clima. La mayor concentración de neblina es entre el km 7 al 19 entre los meses de junio a noviembre, la cual se agudiza al caer la noche, sin embargo, de abril a mayo, se presenta este problema esporádicamente. Como peculiaridad de este tramo destacan con especial relevancia los episodios de niebla muy densa y humedad, sobre todo entre los meses de abril y diciembre, en el invierno austral, la cual se agudiza al caer la noche. En esta época, la visibilidad es mínima y el asfalto está resbaladizo, por lo que la precaución a la hora de conducir este tramo ha de ser máxima. Además de esto, la carretera está construida en la ladera de un acantilado por lo que los desprendimientos y deslizamientos de arena también suponen un peligro constante.

En este sentido el problema de la niebla en el Serpentin de Pasamayo, se ha resuelto en otras carreteras con similares características mediante el uso de tecnología ITS, como es el caso de la autovía del Cantábrico A-8, a su paso por el Concello de Mondoñedo en Lugo (España), tratándose de una actuación llevada a cabo por la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior. LA PROPUESTA ES LA INSTALACION EN FUNCION AL INTS ESPAÑOL

#### **Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+00**

En esta vía las diferencias de altitud son significativas pudiendo diferenciar diferentes tipos de climas según la misma. En altitudes de alrededor de 1,500m el clima es de tipo desértico con pocas precipitaciones a lo largo del año, concentrándose las mismas en los meses de enero a febrero. La temperatura media anual es de alrededor de 17°C siendo la temperatura promedio del mes más caluroso de 19°C (febrero) y la del mes más frío de alrededor de 14°C (julio). En altitudes próximas a los 2,200m el clima es desértico con una temperatura media anual algo superior a los 14°C. En febrero se registra la temperatura máxima promedio de alrededor de 16°C mientras que la mínima se registra en julio con un valor de aproximadamente 12°C. En cuanto a las precipitaciones, éstas se concentran entre los meses de diciembre y marzo, siendo la precipitación media aproximada de 216mm. En altitudes próximas a los 3,000m el clima es tipo estepa local con una temperatura media anual algo superior a los 9°C. En enero se registra la temperatura máxima promedio de alrededor de 11°C mientras que la mínima se registra en julio con un valor de aproximadamente 8°C. En cuanto a las precipitaciones, éstas se concentran entre los meses de diciembre y marzo, siendo la precipitación media aproximada de 342mm. En altitudes próximas a los 4,500m el clima es tipo estepa local con una temperatura media anual algo superior a los 5°C. En enero se registra la temperatura máxima promedio de alrededor de 12°C mientras que la mínima se registra en julio con un valor de aproximadamente -9°C. En cuanto a las precipitaciones, éstas se concentran entre los meses de diciembre y noviembre, siendo la precipitación media aproximada de 115mm. A partir de este punto, el análisis realizado se centra en los resultados de la caracterización climática de acuerdo con la DATA (principalmente del SENHAMI), en las proximidades de los tramos TCA y TPP considerados en el presente estudio.

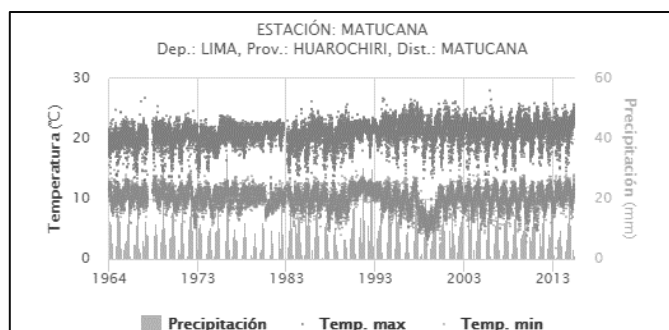


Diagrama de temperaturas máximas y mínimas en Matucana  
Fuente: SENHAMI

### Carretera PE-3S del KM 00+000 al KM 25+000

El clima en el tramo de esta carretera es suave, y generalmente cálido y templado. En invierno, hay mucha menos lluvia en Jauja que en verano. El clima aquí se clasifica como Cwb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en este tramo se encuentra a 10.9 °C. En un año, la precipitación media es 700 mm, algunas características principales del clima se definen para este tramo, entre las que cabe destacar las siguientes: la precipitación es la más baja en julio, con un promedio de 5 mm. Con un promedio de 124 mm, la mayor precipitación cae en febrero, además la temperatura media de 11.9 °C, noviembre es el mes más caluroso del año. julio tiene la temperatura promedio más baja del año. Es 9.5 °C y entre los meses más secos y húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 119 mm. Durante el año, las temperaturas medias varían en 2.4 °C. Corresponde a la región sierra siendo variado de acuerdo con las estaciones, estas características le otorgan al clima de este tramo de la vía a ser uno de los más benignos de planeta.

Distribución de temperaturas máximas y mínimas

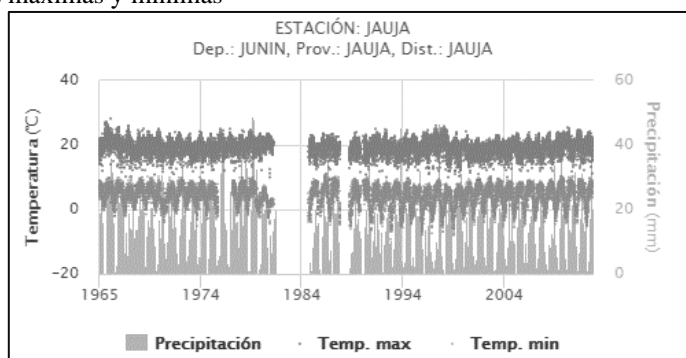


Diagrama de temperaturas máximas y mínimas en Jauja  
Fuente: SENHAMI

## h) Relación entre análisis de movilidad y análisis de accidentabilidad

### Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100

Entre los KM 38+00 al 44+000 el estudio de tráfico realizado revela que la carretera presenta unos niveles de IMDA en el entorno de los 30.000 vh/d con porcentajes de pesados que superan el 25%, y unas velocidades de operación de estos vehículos en una curva cerrada entre los 55 y los 75 km/h según el tramo. En cuanto a los vehículos ligeros, la velocidad de operación en una curva cerrada sube hasta los 85 km/h en algún tramo, aunque en travesías las velocidades se igualan y los vehículos que más accidentes registran los pesados tipo M1, con un porcentaje del 53%, seguido de los pesados tipo N2, con un 16% de los accidentes. En todos los casos, el accidente más repetido es el choque, con el 54% de los accidentes, motivados en primer lugar por las maniobras de adelantamiento antirreglamentario que se suceden a lo largo de la carretera y por las velocidades inadecuadas para las condiciones de la vía de algunos usuarios.

En este sentido en el tramo km 44+000 al 100+000 el IMDA son superiores a los 14.000 vh/d con porcentajes de pesados superior al 25%, y unas velocidades de operación de estos vehículos en torno a 60 km/h. En cuanto a los vehículos ligeros, la velocidad de operación se sitúa en el entorno de los 80 km/h, superando en algún tramo los 90

km/h y el vehículo que más accidentes registra es el ligero, con un 45% de los accidentes, principalmente choques y despistes, seguido por los vehículos pesados con un 17% principalmente choques. Por otro lado, es significativo que la mayor parte de la accidentalidad se concentre en la segunda mitad del tramo, donde las velocidades de operación son más altas. Con estas consideraciones de tránsito y accidentalidad, en el punto siguiente se analizan los TCAs en cada uno de ellos se identifican los puntos en los que actualmente se está concentrando la accidentalidad, relacionando estos subtramos con el tránsito por medio de indicadores de accidentalidad como el índice de peligrosidad, que se define más adelante.

#### **Carretera PE-1N del KM 00+000 al KM 25**

Del análisis de los datos de campo y a la accidentabilidad registrada en los años 2016, 2017 y 2018, se requiere que se siga prohibiendo en su totalidad la circulación de vehículos livianos para evitar adelantamientos indebidos lo que conlleva a accidentes muy graves, además de instalar sistemas de contención vehicular acorde al tráfico pesado existente (semitrailer 3S3).

#### **Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000**

En este sentido el estudio de tráfico realizado revela que la carretera presenta unos niveles de IMDA en el entorno de los 10.000 vh/d con porcentajes de pesados que superan el 50%, y unas velocidades de operación de estos vehículos en unas curvas estrechas (horquilla) entre los 25 y los 45 km/h según el tramo. En cuanto a los vehículos ligeros, la velocidad de operación la horquilla sube hasta los 65 km/h en algún tramo, aunque en travesías las velocidades se igualan. En efecto, los vehículos que más accidentes registran los pesados tipo N2 y tipo O, con un porcentaje conjunto del 46%, seguido de los ligeros, con un 38% de los accidentes. En todos los casos, el accidente más repetido es el choque y el despiste, motivados en primer lugar por las maniobras de adelantamiento antirreglamentario que se suceden a lo largo de la carretera y por las velocidades inadecuadas para las condiciones de la vía de algunos usuarios.

#### **Carretera PE-3S del KM 0+000 al KM 25+000**

En este sentido el estudio de tráfico realizado revela que la carretera presenta unos niveles de IMDA en el entorno de los 3.500 vh/d con porcentajes de pesados que superan el 35%, y unas velocidades de operación de estos vehículos en una curva cerrada (horquilla) entre los 55 y los 70 km/h según el tramo. En cuanto a los vehículos ligeros, la velocidad de operación la horquilla sube hasta los 75 km/h en algún tramo, aunque en las zonas urbanas las velocidades se igualan. En cuanto a la tipología de los vehículos presentes en los accidentes, los que más accidentes registran los pesados tipo M1, con un porcentaje del 51%, seguido del pesado tipo O, con un 15% de los accidentes.

En todos los casos, el accidente más repetido es el choque, con el 64% de los accidentes, motivados en primer lugar por las maniobras de adelantamiento antirreglamentario que se suceden a lo largo de la carretera y por las velocidades inadecuadas para las condiciones de la vía de algunos usuarios. Con estas consideraciones de tránsito y accidentalidad, en el punto siguiente se analizan los TCAs definidos, y en cada uno de ellos se identifican los puntos en los que actualmente se está concentrando la accidentalidad, relacionando estos subtramos con el tránsito por medio de indicadores de accidentalidad como el índice de peligrosidad, que se define más adelante.

### **i) Identificación de tramos de concentración de accidentes**

De acuerdo con lo expuesto en la opinión técnica del Informe N° 726-2017-MTC/15.01, en cuanto a la extremada longitud de algunos TCA identificados, y con el objeto de descartar aquellos subtramos que se hayan añadido por solape de los tramos realmente peligrosos, se procede a identificar aquéllos en los que realmente se está acumulando la accidentalidad dentro de cada uno de los TCA. Para ello, se realiza un estudio concreto de la accidentalidad en cada uno de los TCA identificados en la carretera a partir de los datos de accidentes recabados durante el desarrollo de los trabajos. En este estudio se van a identificar tramos de accidentalidad elevada, que se van a definir como tramos de longitud igual a 500 m, en los que se hayan registrado al menos dos accidentes con víctimas. En cada uno de estos tramos de accidentalidad elevada destacados dentro de cada TCA, se elaborará un diagnóstico detallado que identifique las causas de la accidentalidad. El conjunto de diagnósticos de cada uno de estos tramos de accidentalidad elevada conformará a la postre, la caracterización de cada TCA que se desarrolla en el punto siguiente.

A continuación, se explica la metodología seguida para la identificación de estos tramos de accidentalidad elevada dentro de cada TCA y los resultados obtenidos.

#### **Metodología de Identificación**

La metodología empleada para la detección de estos tramos dentro de cada TCA viene reflejada en el Manual de Seguridad Vial en el punto 4.10.4.6 “kilómetro flotante”. Se trata de una metodología que se utiliza para acotar los tramos de concentración simulando una ventana que se desplaza a lo largo de la carretera cada 100 metros. Así, a cada salto de hectómetro (hm.) se recalculan los valores para un kilómetro entero, quedando solapada buena parte de la información entre tramos continuos.

Mediante este proceso, una vez detectado un tramo que cumple los criterios establecidos, se podrá ir ampliando el mismo de 100 en 100 metros; siempre que para el siguiente tramo flotante se continúen cumpliendo los criterios. Es decir, en el caso que tramos correlativos vayan cumpliendo los criterios irán quedando incluidos dentro de un mismo tramo. Así, la selección de los tramos finales responderá a la agregación de tramos consecutivos de concentración.

## Resultados

A continuación, se muestra el resultado de la identificación de tramos de al menos 500 m de longitud con un mínimo de 2 accidentes con víctimas incluidos dentro de cada TCA, en el periodo 2015-2017. Del análisis del informe de la DGTT, ha sido necesario determinar dentro del Tramo de Concentración de Accidentes, tramos con accidentalidad elevada con base de datos del periodo 2015-2018.

### Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000 con datos de 2015 A 2018

*Tramos con accidentalidad elevada incluidos en los TCA de la carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 44+000 con datos de 2015 a 2017*

TCA			TCA ELEVADO			ACCIDE	ACCIDENTES	ACCIDE	FALLECID	HERIDO	LONG
Nº	KM INICIAL	KM FINAL	Nº	KM INICIAL	KM FINAL	NTES	CON	NTES	OS	S	
							VÍCTIMAS	FATALE			
								S			
14	KM 38	KM 44	14_01	41.6	42.5	3	3	1	1	2	0.900
10	KM 60	KM 71	10_01	63.000	63.500	4	4	1	1	14	0.500
10	KM 60	KM 71	10_02	68.600	69.500	6	6	0	0	11	0.900
3	KM 75	KM 96	03_01	75.000	76.500	16	15	3	3	53	1.500
3	KM 75	KM 96	03_02	77.600	78.500	6	6	2	4	69	0.900
3	KM 75	KM 96	03_03	80.600	82.500	18	16	6	7	42	1.900
3	KM 75	KM 96	03_04	86.600	88.000	15	10	2	2	24	1.400
3	KM 75	KM 96	03_05	94.900	95.500	4	4	0	0	11	0.600

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SUTRAN

### Caracterización de TCA

Para caracterizar cada tramo de accidentalidad elevada detectado en cada TCA, se elaboran unas listas de chequeo de diagnóstico. En estas listas se incluyen unos datos con la identificación y localización del tramo, un extracto de los datos de la accidentalidad registrada, un diagnóstico resumido y otro ampliado con todos los detalles de la caracterización realizada. Por último, se adjuntan a la lista de chequeo unas fotografías, la descripción de las problemáticas encontradas y las propuestas de actuación.

Fuente: Elaboración propia

### Identificación de Tramos Potencialmente Peligrosos

En este punto se da la relación de Tramos Potencialmente Peligrosos (TPP) detectado a lo largo de los trabajos de visionado del registro fílmico en gabinete y de los trabajos de campo, tal y como se explica. Los criterios para la identificación de tramos potencialmente peligrosos han sido los siguientes:

Tramos con cambios bruscos en las características geométricas, como cambios en la sección transversal, en el perfil longitudinal, etc.

Tramos con características geométricas estrictas o no acordes con su clasificación.

Tramos con intersecciones en las que no se establece claramente el criterio de prioridad

Tramos con intersecciones en las que no se canalizan convenientemente los movimientos de acuerdo con las características que se esperan según la clasificación de la carretera

Tramos con puntos singulares no advertidos con la suficiente antelación (túneles, puentes, etc.).

Tramos con presencia de usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, etc.) en zona rural o urbana en las que no se hayan instalado medidas de calmadillo del tráfico.

Tramos con señalización y/o balizamiento deficiente de acuerdo con la situación que se ha de advertir al usuario, como zonas de adelantamiento, zonas de reducción de la velocidad, etc.

Tramos con sistemas de contención deficientes de acuerdo con la configuración de los márgenes.

Tramos en los que se sufran con frecuencia fenómenos climatológicos adversos.

Tramos propicios para la ocurrencia de alcances

Tramos propicios para la ocurrencia de accidentes frontales

Tramos propicios para la ocurrencia de accidentes laterales

A continuación, se muestra el listado de TPP identificados en la carretera objeto de análisis.

*Tramos potencialmente peligrosos de la carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000*

TCA	TPP	KM INICIAL	KM FINAL	SENTIDO	DESCRIPCIÓN	LONG
	001	43+800	43+700	Sur	Confluencia de cuatro carriles en tramo de curva	0,100
	002	71,700	72,000	Norte	Incorporación a PE-1N	0,300
	003	74,600	75,000	Sur	Vendedores ambulantes margen	0,400
	004	82,900	83,000	Ambos	Óvalo de Chancay	0,100

Fuente: Elaboración propia

### Caracterización de TPP

De cada Tramo Potencialmente Peligroso (TPP) se cumplimenta, al igual que en los TCA, una lista de chequeo con el diagnóstico de seguridad vial.

### Elementos susceptibles de mejora (ESM)

Se registran con ayuda de unas listas de chequeo de identificación como la que se muestra a continuación, en las que se incluirán las propuestas de actuación. En cada TCA y cada TPP estas listas de chequeo de identificación de ESM se incorporarán a las listas de chequeo del diagnóstico, descritas, el mismo que se muestra en la lista de chequeo completa en cada uno de estos tramos. Con estos elementos identificados a lo largo de la carretera, incluidos TCA y TPP, se elabora la Matriz de Elementos Susceptibles de Mejora, los campos correspondientes a la descripción del problema y la descripción preliminar de la solución, así como el plazo estimado para su ejecución y si la solución implica la elaboración de un expediente técnico, la evaluación de riesgo y la magnitud de los accidentes asociados a cada elemento teniendo en cuenta cada tipo de usuario y de forma que se obtenga un criterio para establecer prioridades en las intervenciones,. A continuación, se muestran el porcentaje según la gravedad de los Elementos Susceptibles de Mejora.

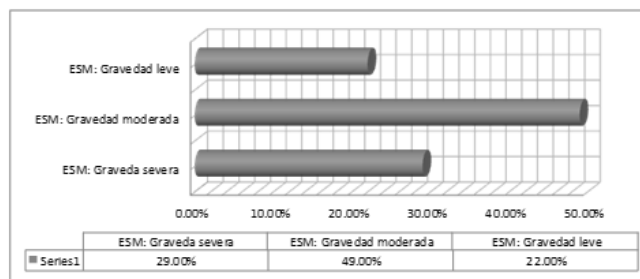


Diagrama de gravedad en los ESM

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar como el 49% de los ESM tienen una gravedad moderada siendo el 29% de gravedad severa y únicamente el 22% tiene gravedad baja.

### Carretera PE-1NA del KM 0+000 al KM 25+000

A continuación, se muestra el resultado de la identificación de tramos de al menos 500 m de longitud con un mínimo de 2 accidentes con víctimas incluidos dentro de cada TCA, en el periodo 2016-2018.

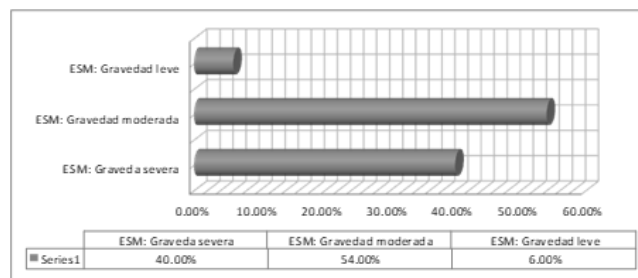


Diagrama de distribución de la gravedad de los elementos susceptibles de mejora

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar como más del 54% de los ESM tienen una gravedad moderada siendo el 40% de gravedad severa y únicamente el 6% de gravedad baja

### Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000

#### Identificación de tramos de accidentalidad elevada dentro de cada TCA

A continuación, se muestra el resultado de la identificación de tramos de al menos 500 m de longitud con un mínimo de 2 accidentes con víctimas incluidos dentro de cada TCA, en el periodo 2015-2018.

#### Tramos con accidentalidad elevada incluidos en los TCA

N°	TCA		N°	TCA ELEVADO		ACCIDENTES	ACCIDENTES CON VÍCTIMAS	ACCIDENTES FATALES	FALLECIDOS	HERIDOS	LONG
	KM INICIAL	KM FINAL		KM INICIAL	KM FINAL						
15	KM 61	KM 67	15_01	62.600	63.500	4	4	1	2	27	0.900
15	KM 61	KM 67	15_02	64.900	66.500	14	11	3	4	31	1.600
06	KM 99	KM 121	06_01	99.600	101.500	18	13	2	4	20	1.900
06	KM 99	KM 121	06_02	103.600	105.200	11	10	3	3	23	1.600
06	KM 99	KM 121	06_03	107.600	110.000	22	16	1	1	39	2.400
06	KM 99	KM 121	06_04	119.600	120.100	4	4	1	2	7	0.500
12	KM 124	KM 139	12_01	132.200	133.100	12	8	3	3	30	0.900
12	KM 124	KM 139	12_0	137.600	139.000	20	14	1	1	32	1.400

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SUTRAN

#### Identificación de Tramos Potencialmente Peligrosos

En este punto se da la relación de Tramos Potencialmente Peligrosos (TPP) se ha detectado a lo largo de los trabajos de visionado del registro filmico en gabinete y de los trabajos de campo. A continuación, se muestra el listado de TPP identificados en la carretera objeto de análisis.

#### De TPPs de la carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000

TCA	TPP	KM INICIAL	KM FINAL	SENTIDO	DESCRIPCIÓN	LONG	
	1	74,1	78	Ambos	Sucesión de zonas urbanas y de servicios	3,9	
	2	91,1	92,1	Ambos	Sucesión de zonas urbanas y de servicios	0,9	
	3	92,2	95,2	Ambos	Zona urbana	3,6	
	4	97,8	98	Ambos	Aproximación a túnel Cacray	0,2	
<b>KM</b>	M 121	5	105,7	107,2	Ambos	Zona urbana	1,5
<b>KM</b>	M 121	6	113	113,2	Ambos	Curva y acceso	0,2
<b>KM</b>	M 121	7	115,3	118	Ambos	Zona urbana	2,7
<b>KM</b>	M 121	8	119,1	119,3	Ambos	Curva y cruce con FF.CC.	0,2



A continuación, se muestran el reparto en porcentaje según la gravedad de los Elementos Susceptibles de Mejora.

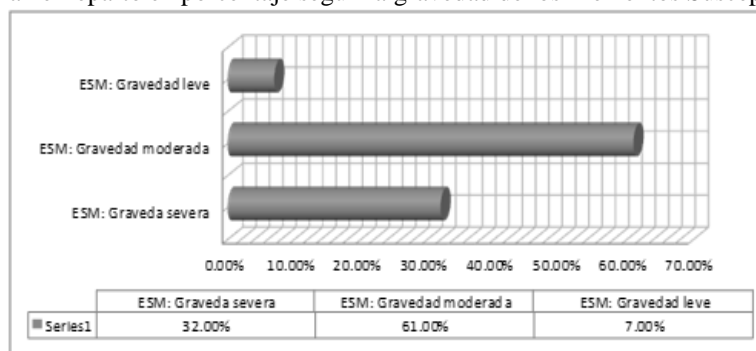


Diagrama de gravedad en los ESM

Se puede apreciar como el 61% de los ESM tienen una gravedad moderada siendo el 32% de gravedad severa y únicamente el 7% gravedad baja.

### Carretera PE-3S del KM 0+000 al KM 25+000

A continuación, se muestra el resultado de la identificación de tramos de al menos 500 m de longitud con un mínimo de 2 accidentes con víctimas incluidos dentro de cada TCA, en el periodo 2015-2017.

#### Tramos con accidentalidad elevada incluidos en los TCA

TCA	TCA ELEVADO		ACCIDENTES		ACCIDENTES CON VÍCTIMAS	ACCIDENTES FATALES	FALLECIDOS	HERIDOS	LONG		
N° INICIAL	KM INICIAL	KM FINAL	N°	KM INICIAL	KM FINAL						
07	KM 0	KM 21	07_01	5.100	5.700	7	6	0	0	23	0.600
07	KM 0	KM 21	07_02	9.600	10.500	7	6	1	4	92	0.900

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SUTRAN

### Identificación de tramos potencialmente peligrosos

En este punto se da la relación de Tramos Potencialmente Peligrosos (TPP) que el equipo inspector ha detectado a lo largo de los trabajos de visionado del registro filmico en gabinete y de los trabajos de campo. A continuación, se muestra el listado de TPP identificados en la carretera objeto de análisis.

#### Tramos potencialmente peligrosos de la carretera PE-3S del KM 0+000 al KM 25+000

TCA	TPP	KM INICIAL	KM FINAL	SENTIDO	DESCRIPCIÓN	LONG	
KM 0	KM 21	001	1+450	1+700	Ambos	Zona urbana	0,250
KM 0	KM 21	002	10+600	10+800	Ambos	Intersección camino	0,200

A continuación, se muestran el reparto en porcentaje según la gravedad de los Elementos Susceptibles de mejora.

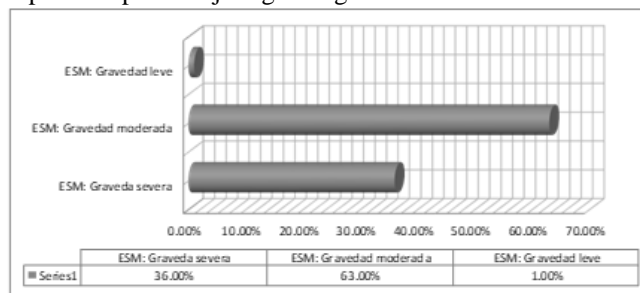


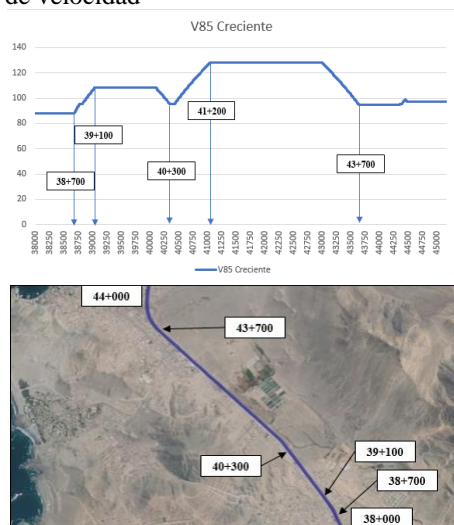
Diagrama de gravedad en los ESM

Se puede apreciar como el 63% de los ESM tienen una gravedad moderada siendo el 36% de gravedad severa y únicamente el 1% tienen gravedad baja.

## j) Análisis y resultados del estudio de velocidad, visibilidad y consistencia

### Carretera PE-1N del 38+000 al 100+000.

#### Estudio de velocidad



Perfil inicial de velocidades

Fuente: Elaboración propia

Se pueden destacar como puntos singulares los siguientes: alrededor del KM 38+700 se encuentra una pequeña curva tras la cual aumenta la velocidad hasta alcanzar una velocidad constante, cuando se aproxima a la progresiva 40+300 existe otra curva que provoca un descenso en la velocidad. Una vez superada, aumenta la velocidad hasta llegar a una velocidad constante hasta llegar al KM aproximadamente 43+700, en el que existe la mayor curva del tramo, que obliga a reducir la velocidad de manera considerable. En la variante de Ancón, en torno al KM 50, se aprecia una reducción en la velocidad del modelo de operación que concuerda con la curva existente en el trazado y existe un sobrepasado el KM 71+000 en el desvío hacia Aucallama se detecta una reducción de velocidad que es coherente con el trazado en esa zona. La situación es similar en el KM 74+500, donde el trazado tiene una gran curva y existe una reducción de velocidades en el modelo de velocidades. Por último, en la zona final del tramo, alrededor del KM 95+000 existe una curva que da paso a una recta de gran longitud, esto concuerda con el aumento de velocidades a partir de ese punto en el modelo. Por tanto, el perfil de velocidades es coherente con el trazado existente en el tramo de la carretera PE-1N.

#### Resultados

A continuación, se muestra una salida de resultados de Consistencia.

#### Salida de resultados del estudio de consistencia - creciente

Nº tramo	Tipo de sección	Margen	Progresiva i	Progresiva f	Velocidad de diseño	Velocidad de operación V85	Diferencias V85	Nivel de consistencia I	Nivel de consistencia II
2	C. Separadas	Derecho	38686	38704	80	64,03	15,97	0,57	ACEPTABLE
3	C. Separadas	Derecho	38704	38819	80	67,35	12,65	3,32	ACEPTABLE
4	C. Separadas	Derecho	38819	38905	80	70,47	9,53	3,12	BUENO
5	C. Separadas	Derecho	49980,00	50076,00	80	69,11	10,89	22,27	ACEPTABLE
6	C. Separadas	Derecho	50076,00	50980,00	80	65,81	14,19	3,29	ACEPTABLE
7	C. Separadas	Derecho	50980,00	51075,00	80	67,71	12,29	1,90	ACEPTABLE

### Carretera PE-1NA entre las progresivas del km 00+000 al 25+000.

#### Recomendaciones y conclusiones.

Atendiendo a los resultados obtenidos en el estudio de visibilidades se observa como existen, de manera puntual, problemas de visibilidad a lo largo del trazado.

Estos problemas son más numerosos en sentido creciente, donde se detectan 5 tramos con problemas de visibilidad, que, en sentido decreciente, detectándose en este sentido únicamente 2 tramos con problemas.

La diferencia entre el límite de velocidad establecido y la velocidad que permitiría eliminar los problemas de visibilidad es de 10 km/h, a excepción del KM aproximado 18. La limitación existente es de 60 km/h mientras que la limitación que debería existir en los tramos presentes en la tabla, según se refleja en visibilidades, es de 50 km/h, a excepción del KM aproximado 18, en el que la limitación deberá ser, como máximo, de 45 km/h. Las medidas van desde la prohibición del adelantamiento en aquellos tramos con longitud insuficiente para permitir la maniobra de adelantamiento de manera segura hasta la actualización/mejoramiento de la señalización correspondiente para que el adelantamiento se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad o para que la parada se pueda producir sin riesgos para la seguridad de los usuarios de la vía. En el caso del Serpentin debido a las limitaciones impuestas por otros condicionantes (la sinuosidad del propio trazado, problemas de visibilidad, etc) no se requieren actuaciones cuya motivación principal derive de la inconsistencia de la vía.

### Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000

**Recomendaciones y conclusiones:** Las conclusiones del estudio de consistencia van encaminadas a detectar aquellos tramos que presenten niveles de consistencia pobres al comparar las velocidades de diseño y de operación de cada elemento y las velocidades de operación entre elementos consecutivos. De esta manera se identifican por lo tanto como elementos susceptibles de mejora, pasando a ocupar un lugar en la matriz.

#### Salida de resultados del estudio de consistencia - creciente

Nº tramo	Tipo de sección	Margen	Progresiva i	Progresiva f	Velocidad de diseño	Velocidad de operación V85	Diferencias V85	Nivel de consistencia I	Nivel de consistencia II
41	c.única	derecho	55619	55679	60	39,36	20,64	2,15	POBRE
42	c.única	derecho	55679	55700	60	40,07	19,93	0,71	ACEPTABLE
43	c.única	derecho	55700	55768	60	38,07	21,93	2,00	POBRE

### k) Estudio de retrorreflectividad

#### Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100

Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Horizontal

**Tramo Ascendente:** Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Izquierdo NO CUMPLE al 95.65% y solo el 4.35% CUMPLE con los valores mínimos de Retroreflectividad. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Derecho NO CUMPLE al 82.79 % y solo el 17.21% CUMPLE, con los valores mínimos de Retroreflectividad. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal sobre el eje de la carretera NO CUMPLE al 83.52% y solo el 16.48% CUMPLE, con los valores mínimos de Retroreflectividad.

**Tramo Descendente:** Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Izquierdo NO CUMPLE al 95.55% y solo el 3.45% CUMPLE con los valores mínimos de Retroreflectividad. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Derecho NO CUMPLE al 74.21% y solo el 27.59% CUMPLE, con los valores mínimos de Retroreflectividad. los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal sobre el eje de la carretera NO CUMPLE al 65.52% y solo el 34.48% CUMPLE, con los valores mínimos de Retroreflectividad. Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Vertical.

**Tramo Ascendente:** En el tramo de evaluación se identificaron un total de 121 señales las cuales fueron evaluadas según su condición Física y de Reflectancia Según su Condición Física: 65.45 % de las señales se encuentran en buen estado 19.45 % en regular estado y; 15.10 % en mal estado. Según su condición de REFLECTANCIA: El 36.04 % de las señales no requieren INTERVENCIÓN. El 13.27 % de las señales Requieren Mantenimiento. El 50.69 % de las señales requieren la Reposición Inmediata, por no cumplir con los parámetros mínimos de Retroreflectividad.

**Tramo descendente:** En el tramo de evaluación se identificaron un total de 52 señales las cuales fueron evaluadas según su condición Física y de Reflectancia. Según su Condición Física: El 60.47 % de las señales se encuentran en buen estado 19.2% en regular estado y; 3.80% en mal estado. Según su condición de REFLECTANCIA: El 29.63 % de las señales no requieren INTERVENCIÓN. El 15.21 % de las señales requieren MANTENIMIENTO. El 55.17 % de las señales requieren la REPOSICIÓN INMEDIATA, por no cumplir con los parámetros mínimos de Retroreflectividad.

**Carretera PN1A del KM 00+000 al KM 25+000**

Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Horizontal

**Tramo Ascendente- Descendente: KM 00+000 AL KM 25+000**

Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Derecho NO CUMPLE al 42.86% y el 57.14% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal sobre el eje de la carretera NO CUMPLE al 92.86% y solo el 4.76% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Vertical

**Tramo Ascendente - Descendente: KM 00+000 AL KM 25+000**

En el tramo de evaluación se identificaron un total de 174 señales las cuales fueron evaluadas según su condición Física y de Reflectancia. Según su Condición Física: 42.50% de las señales se encuentran en buen estado 28.70% en regular estado y; 28.70% en mal estado. Según su condición de REFLECTANCIA: El 26.44 % de las señales no requieren INTERVENCIÓN. El 12.64 % de las señales Requieren MANTENIMIENTO. El 60.92 % de las señales requieren la REPOSICIÓN INMEDIATA, por no cumplir con los parámetros mínimos de Retrorreflectividad.

**PE-22 del Km 55+000 al Km 145+000**

Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Horizontal

**Tramo Ascendente: KM 55+000 al km 145+000**

Las lecturas de campo han sido realizadas en el tramo comprendido entre el del km 55+000 al 139+000, la misma que tiene como concesionario a DEVIANDES S.A. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Derecho NO CUMPLE al 78.87% y solo el 21.13% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal sobre el eje de la carretera NO CUMPLE al 81.69% y solo el 18.31% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad.

**Tramo Descendente: KM 55+000 al km 145+000**

Las lecturas de campo han sido realizadas en el tramo comprendido entre el del km 55+000 al 139+000, la misma que tiene como concesionario a DEVIANDES S.A. Que los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Derecho NO CUMPLE al 74.657% y solo el 25.35% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Que los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal sobre el eje de la carretera NO CUMPLE al 87.32% y solo el 12.68% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Vertical

**Tramo Ascendente - Descendente: KM 55+000 al km 145+000**

En el tramo de evaluación se identificaron un total de 826 señales las cuales fueron evaluadas según su condición Física y de Reflectancia. Según su Condición Física: 74.70% de las señales se encuentran en buen estado 18.200% en regular estado y; 7.10% en mal estado. Según su condición de REFLECTANCIA: El 65.13 % de las señales no requieren INTERVENCIÓN. El 8.60 % de las señales requieren MANTENIMIENTO. El 26.27 % de las señales requieren la REPOSICIÓN INMEDIATA, por no cumplir con los parámetros mínimos de Retrorreflectividad. PE-3S del Km 00+000 al Km 25+000 Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Horizontal

**Tramo Ascendente: KM 00+000 AL KM 25+000**

Las lecturas de campo han sido realizadas en el tramo comprendido entre el del km 00+000 al 25+000, la misma que tiene como concesionario a DEVIANDES S.A. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Derecho NO CUMPLE al 92.31% y solo el 7.69% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal sobre el eje de la carretera NO CUMPLE al 73.08% y solo el 29.62% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad.

**Tramo Descendente: KM 00+000 AL KM 25+000**

Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal del lado Derecho NO CUMPLE al 96.15% y solo el 3.85% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Los valores obtenidos en campo para la Señalización Horizontal sobre el eje de la carretera NO CUMPLE al 73.08% y solo el 29.62% CUMPLE, con los valores mínimos de Retrorreflectividad. Evaluación, Según Su Condición De Retroreflectancia Vertical

**Tramo Ascendente: KM 00+000 AL KM 25+000**

En el tramo de evaluación se identificaron un total de 238 señales las cuales fueron evaluadas según su condición Física y de Reflectancia. Según su Condición Física: 94.10% de las señales se encuentran en buen estado, 3.40% en regular estado y; 2.50% en mal estado. Según su condición de REFLECTANCIA: El 95.61% de las señales no requieren INTERVENCIÓN. El 1.75% de las señales requieren MANTENIMIENTO. El 2.63% de las señales requieren la REPOSICIÓN INMEDIATA, por no cumplir con los parámetros mínimos de Retrorreflectividad.

**Tramo Descendente: KM 00+000 AL KM 25+000**

En el tramo de evaluación se identificaron un total de 26 señales las cuales fueron evaluadas según su condición Física y de Reflectancia. Según su Condición Física: 94.10% de las señales se encuentran en buen estado, 3.40% en regular estado y; 2.50% en mal estado. Según su condición de REFLECTANCIA: El 89.52% de las señales no requieren INTERVENCIÓN. El 8.87% de las señales requieren MANTENIMIENTO. El 1.61% de las señales requieren la REPOSICIÓN INMEDIATA, por no cumplir con los parámetros mínimos de Retrorreflectividad.

## Anexo E

### Índice de severidad de la red vial nacional – SINAC (2013-2016)

N°	Departamento	Código carretera	Nombre de la carretera	Extensión (km)	Km inicial	Km final	Muertos	Heridos	Accidentes	Índice de severidad
1	LIMA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	56	56	111	82	862	552	17372
2	LIMA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	20	20	39	80	587	508	14378
3	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	22	75	96	58	401	177	9987
4	AREQUIPA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	7	859	865	41	211	39	6249
5	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	8	82	89	40	146	54	5514
6	LIMA	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	23	99	121	19	216	126	4186
7	JUNIN	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	22	0	21	20	195	83	4033
8	ICA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	9	200	208	19	101	43	2953
9	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	14	54	67	12	139	58	2648
10	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	12	60	71	8	147	61	2331
11	LIMA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	12	117	128	11	113	82	2312
12	JUNIN	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	16	124	139	8	127	71	2141
13	PUNO	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	7	1304	1310	9	110	37	2037
14	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	7	38	44	8	100	44	1844
15	LIMA	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	7	61	67	7	106	51	1811
16	JUNIN	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	3	147	149	9	81	14	1724
17	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	5	101	105	7	87	38	1608
18	JUNIN	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	5	152	156	9	67	27	1597
19	JUNIN	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	3	159	161	7	76	15	1475
20	JUNIN	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	9	73	81	5	91	39	1449
21	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	6	118	123	11	28	20	1400
22	LIMA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	6	147	152	8	47	29	1299
23	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	5	53	57	3	97	22	1292
24	UCAYALI	PE-18C	Emp. PE-5N (Von Humboldt) - Fronte	7	19	25	8	38	20	1200
25	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	7	0	6	5	59	46	1136
26	LIMA	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	3	56	58	4	65	12	1062
27	LIMA	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	4	50	53	5	54	21	1061
28	JUNIN	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	3	53	55	8	23	11	1041
29	LIMA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	3	51	53	3	60	50	950
30	JUNIN	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	3	142	144	4	51	9	919
31	PUNO	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	3	1320	1322	6	29	13	903
32	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	7	195	201	4	44	22	862
33	PUNO	PE-34H	Emp. PE-3S (Julica) - Pajjil Playa (fr	3	13	15	5	26	7	767
34	LIMA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	3	135	137	1	59	11	701
35	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	108	110	3	38	18	698
36	AREQUIPA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	3	608	610	4	29	8	698
37	LIMA	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	3	42	44	2	43	13	643
38	JUNIN	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	3	97	99	3	30	13	613
39	PUNO	PE-34H	Emp. PE-3S (Julica) - Pajjil Playa (fr	3	5	7	4	18	12	592
40	ANCASH	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	4	239	242	2	36	20	580
41	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	5	9	13	2	34	30	570
42	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	125	127	1	44	22	562
43	PUNO	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	199	201	3	23	10	540
44	LIMA	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	3	87	89	0	49	15	505
45	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	47	49	2	28	18	498
46	PIURA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	1017	1019	3	18	17	497
47	MADRE DE DIOS	PE-30C	Emp. PE-3S (Urcos) - Pte. Iñapari (fr	3	322	324	3	17	14	484
48	AREQUIPA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	5	968	972	1	32	22	442
49	PUNO	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	207	209	2	20	9	409
50	PIURA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	1041	1043	3	9	8	398
51	AREQUIPA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	5	630	634	1	23	30	360
52	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	133	135	2	13	6	336
53	ANCASH	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	395	397	1	21	15	325
54	PUNO	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	187	189	2	11	8	318
55	LIMA	PE-22	Emp. PE-1N (I.V. La Menacho) - Emp	4	80	83	1	19	17	307
56	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	77	79	1	19	12	302
57	PUNO	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	293	295	1	19	10	300
58	ANCASH	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	325	327	0	28	11	291
59	AYACUCHO	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	3	422	424	0	28	11	291
60	AREQUIPA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	3	524	526	0	26	13	273
61	APURIMAC	PE-30A	Emp. PE-1S (Vista Alegre) - Emp. PE	3	430	432	1	14	8	248
62	LIMA	PE-1N	Longitudinal de la costa norte	3	180	182	1	13	8	238
63	LIMA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	3	161	163	0	19	12	202
64	JUNIN	PE-3S	Longitudinal de la sierra sur	3	65	67	0	16	10	170
65	ANCASH	PE-3N	Longitudinal de la sierra norte	3	401	403	1	6	5	165
66	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	35	37	0	10	8	108
67	AYACUCHO	PE-28A	Emp. PE-3S (Concepción) - Emp. PE	3	307	309	0	8	6	86
68	APURIMAC	PE-30A	Emp. PE-1S (Vista Alegre) - Emp. PE	3	397	399	0	6	7	67
69	JUNIN	PE-5N	Longitudinal de la selva norte	3	12	14	0	5	8	58
70	AREQUIPA	PE-1S	Longitudinal de la costa sur	3	1030	1032	0	4	10	50
71	AREQUIPA	PE-34A	Emp. PE-1S (La Repartición) - Emp. P	3	151	153	0	3	11	41

## Anexo F

### Conclusiones por tramos de la red vial en investigación

#### **Carretera PE-1N del km 38+000 al km 100+000**

El estudio de tráfico realizado revela que el tramo de carretera PE-1N entre las progresivas 38+000 y 44+00 presenta unos niveles de IMDA superiores a los 15.000 vh/d, y unas velocidades de operación de entre 70 y 90 km/h de media. El vehículo predominante en el tramo es el automóvil. Y entre los km 44+00 al 100+000 el IMDA que llegan a superar los 8.000 vh/d, y unas velocidades medias de operación que van desde los 70 km/h hasta los 95 km/h. El vehículo predominante en el tramo es el automóvil. Los problemas de seguridad vial que se han detectado a lo largo de la carretera han conformado los Elementos Susceptibles de Mejora (ESM) que se registran entre las progresivas 38+000 y 44+00 se tiene en un 34% señalización vertical en mal estado de conservación, 31% dispositivos de tránsito, 10% demarcación deficiente, 8% presencia de obstáculos (visibilidad), 6% debilidad en sección transversal, 5% problemas en el pavimento, 4% presencia de usuarios vulnerables, 1% sistemas de contención vehicular y entre las progresivas 44+000 y 100+00 se tiene en un 29% desorden en movimientos y presencia de usuarios vulnerables, 26% deficiencias en dispositivos de control de tránsito, 10% en deficiencia en ordenación de movimientos, 7% debilidad en delineadores, entre otros.

Se han identificado entre las progresivas 38+000 y 100+00 se presenta nueve (09) TCAs, cuya implementación de las propuestas de mejora asciende a S/. 23,513,485.90 Soles, así como se cuenta con tres (03) TPPs, el costo de implementación de propuesta de mejora acceder a 3,973,585.13 Soles., con ello se incrementaría los niveles de seguridad vial en esta variante de pasamayo. En comparación con la estimación del costo social por fallecimiento prematuro de los accidentes viales, en base a lo desarrollado por el Prof. Luis Bruno Seminario de Marzi, los 61 fallecidos ascienden a 311.64 millones de soles, este monto solo considerando a los fallecidos y no a las 591 personas heridas.

#### **Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000**

El estudio de tráfico realizado revela que la carretera presenta unos niveles de IMDA superiores a los 4.000 vh/d con un porcentaje de pesados del 100%, y unas velocidades de operación de estos vehículos en torno a 50 km/h. El vehículo predominante en el tramo es el Semitrayer  $\geq 3S3$  lo que se ha tomado en cuenta a la hora de proponer barreras de seguridad. Según los datos analizados, en todos los accidentes registrados en la carretera PE-1NA aparece el factor humano asociado siendo en el 46.43% de los casos concurrente con el factor infraestructura. El factor vehículo no aparece como factor con influencia en los accidentes en el serpentín. Los problemas de seguridad vial que se han detectado a lo largo de la carretera han conformado los Elementos Susceptibles de Mejora (ESM) que se registran en las listas de chequeo de identificación. Los tipos de ESM registrados son los siguientes: 50% necesidad de sistema de contención, 11.32% presencia de talud y obstáculos, 10.38% ordenación de movimientos, 10.38% disposición en dispositivos de control del tránsito, 2.83, sección transversal. Se han identificado entre las progresivas de los km 00+000 al km 25+00 tres (03) TCAs, cuya implementación de las propuestas de mejora asciende a S/. 3,638,563.93 Soles, así como se cuenta con uno (01) TPPs, el costo de implementación de propuesta de mejora accedería a 5,870,379.61 Soles., con ello se incrementaría los niveles de seguridad vial en esta variante de pasamayo. En comparación con la estimación del costo social por fallecimiento prematuro de los accidentes viales, en base a lo desarrollado por el Prof. Luis Bruno Seminario de Marzi, los 54 fallecidos ascienden a 275.88 millones de soles, este monto solo considerando a los fallecidos y no a las 24 personas heridas.

#### **Carretera PE-22 del KM 55+000 al KM 145+000**

El estudio de tráfico realizado revela que la carretera presenta unos niveles de IMDA que llegan a superar en algunos de los puntos de aforo los 6000 vh/d, y unas velocidades de operación de alrededor de 50 km/h. El vehículo predominante en el tramo es el automóvil salvo en el tramo entre las progresivas 95 y 124, tramo en el que es predominante el Semitrayer  $\geq 3S3$ ; esto se tendrá en consideración a la hora de proponer barreras de seguridad. Según los datos analizados, en los accidentes registrados en la carretera PE-22 aparece el factor humano asociado en más del 93%, además es concurrente con el factor infraestructura en más del 16%. El factor vehículo aparece asociado en casi el 7% de los accidentes registrados. Los problemas de seguridad vial que se han detectado a lo largo de la carretera han conformado los Elementos Susceptibles de Mejora (ESM) donde se han identificado que, el 79 % se relacionan con dispositivos de control de tránsito (señales verticales, cambio, falta de mantenimiento, señales horizontales, sistemas de contención vehicular), seguida de mejora a las características de la infraestructura vial en 36% los cuales incluyen tratamiento de: sección transversal, márgenes, instalación y cambio de sistemas de contención vehicular, mejora a la superficie del pavimento, ordenamiento de los movimientos, la mejora de túneles y accesos en zonas urbanas. Se han identificado entre las progresivas del km 55+000 al km 145+00 ocho (08) TCAs, cuya implementación

de las propuestas de mejora asciende a S/. 11,023,627.90 Soles, así como se cuenta con ocho (08) TPPs, el costo de implementación de propuesta de mejora accedería a 4,219,981.18 Soles., con ello se incrementaría los niveles de seguridad vial en esta variante de pasamayo. En comparación con la estimación del costo social por fallecimiento prematuro de los accidentes viales, en base a lo desarrollado por el Prof. Luis Bruno Seminario de Marzi, los 47 fallecidos ascienden a 240.12 millones de soles, este monto solo considerando a los fallecidos y no a las 546 personas heridas.

#### **Carretera PE-3S Del Km 00+000 Al Km 25+000**

El estudio de tráfico realizado revela que la carretera presenta unos niveles de IMDA próximas a los 2.000 vh/d y unas velocidades de operación de alrededor de 70 km/h. El vehículo predominante en el tramo es el automóvil. Según los datos analizados, en los accidentes registrados en la carretera PE-3S aparece el factor humano en casi el 90% de los accidentes siendo además coincidente con el factor infraestructura en el 1.68% de los casos. El factor vehículo no aparece como factor con influencia en los accidentes registrados en la vía bajo análisis. Los problemas de seguridad vial que se han detectado a lo largo de la carretera han conformado los Elementos Susceptibles de Mejora (ESM) que se registran son los siguientes: 41.67% dispositivos del control de tránsito automotor, 31.48% sistemas de contención vehicular, 20,37% presencia de talud con obstáculos, 2.78% ordenación de movimientos, entre otros. Se han identificado entre las progresivas del km 00+000 al km 25+00 dos (02) TCAs, cuya implementación de las propuestas de mejora asciende a S/. 3,409,453.69 Soles, así como se cuenta con un (01) TPPs, el costo de implementación de propuesta de mejora accedería a 676,232.16 Soles., con ello se incrementaría los niveles de seguridad vial en esta variante de pasamayo. En comparación con la estimación del costo social por fallecimiento prematuro de los accidentes viales, en base a lo desarrollado por el Prof. Luis Bruno Seminario de Marzi, los 19 fallecidos ascienden a 97.07 millones de soles, este monto solo considerando a los fallecidos y no a las 229 personas heridas.



## **Anexo G**

### **Recomendaciones de mejor por tramos de la red vial en investigación**

Se recomienda mejorar las bases de datos de accidentes ya que estas deben ser más detalladas y consistentes, para poder abordar con un mínimo de garantías este tipo de trabajos. En este mismo sentido, se recomienda con carácter de urgente la puesta en marcha de sistemas de gestión de bases de datos con los que, por un lado, se pueda enviar la información de manera periódica a un gestor único que consiga aglutinar toda la información de accidentes en un único sistema y por otro, que desde este sistema se ofrezca la posibilidad de compartir con el resto de los titulares de carretera y agentes implicados en la seguridad vial, los datos ya tratados y homogenizados. El desarrollo e instalación de aplicaciones informáticas de gestión avanzada de la accidentalidad que permitan obtener mayor rendimiento de la información relacionada con accidentes, tráfico y red vial. Con estas aplicaciones se pueden consultar en tiempo real las bases de datos disponibles, detectar los tramos más conflictivos de la red, conocer y analizar la accidentalidad de un área, carretera o tramo concreto y representarla en un mapa gracias a la georreferenciación, utilizar herramientas de análisis avanzado de la accidentalidad, identificando, entre otras cosas, las causas y tipos de accidentes más comunes, así como las deficiencias en la red, etc.

Se recomienda la intensificación de la fiscalización del cumplimiento de la normativa vigente por parte de la autoridad competente en carreteras o de un ente sancionador que fiscalice el cumplimiento de esta. En particular, las actuaciones de fiscalización del cumplimiento de los límites de velocidad y de la tasa de alcohol permitida en conductores, especialmente en fechas que coincidan con festivos locales. En este sentido, es importante potenciar la importancia del cuarto factor fundamental para una eficiente gestión de la seguridad vial (además del factor humano, vehículo e infraestructura), que es el factor Legal e institucional donde, es de especial importancia la fiscalización de la legislación vigente.

Se recomienda actualizar las normas Técnicas del Ministerio de Transportes y comunicaciones relacionados con la seguridad flexibilizando los parámetros relacionados con seguridad vial.

#### **Carretera PE-1N del KM 38+000 al KM 100+000:**

En cuanto a las deficiencias detectadas en la vía se realizan las siguientes recomendaciones: La propuesta de actuación se da en función al factor humano. Se debe implementar medidas correctoras para evitar despistes y/o malas actuaciones de los conductores, concienciando a la población de la importancia de cumplir las normas de seguridad vial. Para la reducción de los accidentes de tránsito, al ser el factor humano mayoritario, todas las áreas y agentes implicados deben involucrarse para realizar talleres y campañas a todos los agentes involucrados por lo que se pide el apoyo del MTC, de la misma forma se recomienda la fiscalización a todo nivel por parte de las entidades. Para disminuir la influencia del factor vehículo, se recomienda un plan de chatarreo de renovación de vehículos antiguos. Para la reducción del factor infraestructura, se debe actuar en la problemática descrita en TCA, TPP y ESM ejecutando las propuestas de actuación de corto, medio y largo plazo. Deben mejorarse las condiciones para el tránsito de peatones por la vía tanto longitudinal como transversal y el acceso seguro a los paraderos de Bus, pues algunos no disponen de puente peatonal, de manera que éstos han de cruzar la calzada a nivel con el tránsito de vehículos, aprovechando diferentes aberturas en la barrera de concreto del separador central. Debe revisarse la señalización de regulación de la velocidad máxima, que no tiene en cuenta circunstancias tales como el entrono atravesado, por lo que los usuarios acaban transitando a la velocidad que consideran oportuna, que no en todos los casos es la adecuada. Se debe elaborar un expediente técnico de instalación de sistemas de contención vehicular en toda la vía, tanto en margen derecho como en margen izquierdo, e instalar los sistemas de contención vehicular recomendados acordes al tráfico pesado existente. Se debe mejorar los dispositivos de control del tránsito en entornos urbanos, especialmente a partir de la población de Chacra y Mar y en sentido norte, con presencia de peatones, mototaxis, accesos a calles, etc. pues la señalización no es la adecuada para este tipo de entorno. De hecho, en parte del tramo la velocidad se llega a limitar a 80 km/h. También se atraviesan zonas comerciales y de servicios en las que predominan los vehículos pesados que, de forma directa, acceden o se incorporan a la vía principal desde comercios situados en los márgenes, sin que el acceso esté canalizado convenientemente, pues es probable que carezcan de estudio alguno de impacto vial. Se deben prever zonas para cambiar de sentido de forma segura, pues se detectan aberturas en la barrera del separador de calzadas, que facilitan la realización de maniobras antirreglamentarias como cruces o volteos en U. Se debe remodelar la intersección del km 75 con la PE-1NA que se realiza al mismo nivel, mezclando los vehículos que circulan por la vía principal con el tráfico, casi en exclusiva pesado, procedente del serpentín. Se deben tomar medidas para el problema de la niebla en la Variante de Pasamayo, tomando como ejemplo cómo se ha resuelto en otras carreteras con similares características mediante el uso de tecnología ITS.

Se debe elaborar un expediente técnico de instalación de sistemas de contención vehicular en toda la vía, tanto en margen derecho como en margen izquierdo, e instalar los sistemas de contención vehicular recomendados acordes al tráfico pesado existente. Se deben estudiar alternativas en el largo plazo en coordinación con el Serpentín de Pasamayo, tales como la construcción de un tercer carril de tránsito en el sentido Norte de la Variante para los vehículos pesados de tal manera que por el Serpentín sólo transiten los vehículos pesados en sentido Sur. Esta solución permitiría además rediseñar la sección transversal del serpentín, permitiendo la colocación de barrera de concreto como sistema de contención y el acceso seguro a vehículos de mantenimiento por el lado del talud de arena. A largo plazo se podría plantear el estudio de una alternativa a la Variante mediante la construcción de túneles, aunque se trata ya de un aspecto que supera el ámbito de este estudio.

#### **Carretera PE-1NA del KM 00+000 al KM 25+000:**

En cuanto a las deficiencias detectadas en la vía se realizan las siguientes recomendaciones: La propuesta de actuación en la carretera se da en función al factor humano. Se debe implementar medidas correctoras para evitar despistes y/o malas actuaciones de los conductores, concienciando a la población de la importancia de cumplir las normas de seguridad vial. Para la reducción de los accidentes de tránsito, al ser el factor humano mayoritario, todas las áreas y agentes implicados deben involucrarse para realizar talleres y campañas a todos los agentes involucrados por lo que se pide el apoyo del MTC, de la misma forma se recomienda la fiscalización a todo nivel por parte de las entidades. Para la reducción del factor infraestructura, se debe actuar en la problemática descrita en las fichas TCA, fichas TPP y fichas ESM ejecutando las propuestas de actuación de corto, medio y largo plazo. La eliminación del tráfico de vehículos livianos por el Serpentín ha provocado una densidad de tránsito baja, que permite una mejor circulación vehicular y la eliminación de las maniobras de adelantamiento que estos usuarios realizaban con el objeto de adelantar posiciones en la caravana de vehículos pesados.

Por lo tanto, se debe elaborar un reglamento que prohíba totalmente la circulación de vehículos livianos de forma legal, para evitar adelantamientos indebidos lo que conlleva a accidentes muy graves. Se debe elaborar un expediente técnico de instalación de sistemas de contención vehicular en toda la vía, tanto en margen derecho como en margen izquierdo e instalarse los sistemas de contención vehicular recomendados acordes al tráfico pesado existente (semitrailer 3s3). Se deben estudiar alternativas en el largo plazo en coordinación con la Variante de Pasamayo, tales como la construcción de un tercer carril de tránsito en el sentido Norte de la Variante para los vehículos pesados de tal manera que por el Serpentín sólo transiten los vehículos pesados en sentido Sur. Esta solución permitiría además rediseñar la sección transversal del serpentín, permitiendo la colocación de barrera de concreto como sistema de contención y el acceso seguro a vehículos de mantenimiento por el lado del talud de arena.

#### **Carretera PE-22 del Km 55+000 al Km 145+000:**

En cuanto a las deficiencias detectadas en la vía se realizan las siguientes recomendaciones: La propuesta de actuación se da en función al factor humano. Se debe implementar medidas correctoras para evitar despistes y/o malas actuaciones de los conductores, concienciando a la población de la importancia de cumplir las normas de seguridad vial. Para la reducción de los accidentes de tránsito, al ser el factor humano mayoritario, todas las áreas y agentes implicados deben involucrarse para realizar talleres y campañas a todos los agentes involucrados por lo que se pide el apoyo del MTC, de la misma forma se recomienda la fiscalización a todo nivel por parte de las entidades. Para disminuir la influencia del factor vehículo, se recomienda un plan de chatarreo de renovación de vehículos antiguos. Para la reducción del factor infraestructura, se debe actuar en la problemática descrita en las fichas TCA, fichas TPP y fichas ESM ejecutando las propuestas de actuación de corto, medio y largo plazo. Se deben solucionar los problemas de deslumbramientos en entradas y salidas de túneles pues no se ha diseñado transición alguna de luminosidad para adecuar la visita del conductor para el cambio de las condiciones lumínicas. Por otro lado, los túneles y algún paso por debajo de puente, presenta restricciones de gálibo sin alternativa de paso para los vehículos que excedan éste.

Se deben mejorar las condiciones de las zonas con carriles adicionales para vehículos pesados pues se utilizan por vehículos livianos para realizar adelantamientos por la derecha. Se debe dotar de sobreechancho a las curvas en las que no es suficiente para el tránsito de vehículos pesados, que acaban invadiendo parcialmente el carril contrario. Se deben mejorar los dispositivos de control de tránsito en zonas urbanas, comerciales y en sus aproximaciones, dónde se detecta la presencia de peatones, mototaxis, accesos a calles, etc., pero la señalización no es la adecuada para este tipo de entorno. Se deben mejorar las condiciones de algunos pasos a nivel del FF.CC. cuyo señalamiento no es suficiente para advertir al usuario de la importancia de la intersección. Los cruces están diseñados sin semáforos ni barreras que impidan el paso cuando pasa el tren. Se debe mejorar la señalización de regulación de la velocidad máxima, pues es deficiente, y no tiene en cuenta circunstancias tales como el entorno atravesado.

En los descensos no hay posibilidad de escape para los vehículos pesados fuera de control. Se deben habilitar zonas para voltear en U a lo largo del tramo. Se deben utilizar marcas resaltadas en el eje y en los bordes como medida para reducir el número de despistes y de invasiones de carril contrario. Se debe elaborar un expediente técnico de instalación de sistemas de contención vehicular en toda la vía, tanto en margen derecho como en margen izquierdo, e instalar los sistemas de contención vehicular recomendados acordes al tráfico pesado existente. Se recomienda la elaboración de estudios de seguridad vial para dos rutas alternativas existentes que puedan descongestionar la carretera central en el caso de tráfico intenso o presencia de huaicos. Debe elaborarse estos estudios ya que las rutas alternas no tienen las condiciones suficientes de seguridad vial como la existencia de elementos de contención o áreas de estacionamiento.

#### **Carretera PE-3S del Km 00+000 al Km 25+000**

En cuanto a las deficiencias detectadas en la vía se realizan las siguientes recomendaciones: La propuesta de actuación se da en función al factor humano. Se debe implementar medidas correctoras para evitar despistes y/o malas actuaciones de los conductores, concienciando a la población de la importancia de cumplir las normas de seguridad vial. Para la reducción de los accidentes de tránsito, al ser el factor humano mayoritario, todas las áreas y agentes implicados deben involucrarse para realizar talleres y campañas a todos los agentes involucrados por lo que se pide el apoyo del MTC, de la misma forma se recomienda la fiscalización a todo nivel por parte de las entidades. Para la reducción del factor infraestructura, se debe actuar en la problemática descrita en las fichas TCA, fichas TPP y fichas ESM ejecutando las propuestas de actuación de corto, medio y largo plazo. Se debe mejorar los dispositivos de control del tránsito en entornos urbanos con presencia de peatones, mototaxis, accesos a calles, etc. pues la señalización no es la adecuada para este tipo de entorno. Se debe elaborar un expediente técnico de instalación de sistemas de contención vehicular en toda la vía, tanto en margen derecho como en margen izquierdo, e instalar los sistemas de contención vehicular recomendados acordes al tráfico pesado existente.