

ANÁLISIS DE IMPACTO NORMATIVO

DESEMPEÑO DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

**RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y VEHÍCULOS**

**AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL
SEPTIEMBRE DE 2020**

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. CONTEXTO.....	8
2.1 Marco conceptual	10
2.1.1 Sistemas de contención vehicular	10
2.1.2 Tipos de sistemas de contención vehicular.....	12
2.1.3 Terminales en un sistema de contención vehicular	16
2.2 Antecedentes internacionales	18
2.2.1 Unión Europea.....	18
2.2.2 Estados Unidos	29
2.2.3 México	33
2.2.4 Chile.....	36
2.2.5 Perú	38
2.2.6 Síntesis de procedimientos de aceptación de sistemas de contención vehicular en diferentes países	39
2.2.7 Principales diferencias entre los estándares EN 1317:2010, NCHRP 350 y MASH para la evaluación de desempeño.....	40
2.2.8 Impacto de la instalación de sistemas de contención vehicular seguros en el contexto internacional	43
2.3 Antecedentes nacionales.....	47
2.3.1 Contexto colombiano	47
2.3.2 Sistemas de contención vehicular en Colombia	49
2.3.3 Vigilancia y control.....	51
2.4 Mercado global de sistemas de contención vehicular.....	52
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	57
3.1 Sondeo número uno.....	57
3.2 Sondeo número dos	64
4. OBJETIVOS	68
5. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES	70
5.1 Sector público.....	70
5.2 Sector privado	71
6. Bibliografía	73
7. ANEXOS.....	78
Anexo 1. Características esenciales de los sistemas de contención vehicular según norma EN 1317 2010	78
Anexo 2. Condiciones de los ensayos de los sistemas de contención vehicular según norma EN 1317	85
Anexo 3. Niveles de protección e índices biomecánicos TS 17342.....	90
Anexo 4. Criterios de evaluación NCHRP 350 y MASH.....	92
Anexo 5. Condiciones de los ensayos NCHRP 350 y MASH.....	95

Índice de tablas

Tabla 1. Estándares para la evaluación de desempeño de sistemas de contención vehicular en diversos países del mundo	18
Tabla 2. Aceptación de sistemas de contención vehicular en diferentes países.....	39
Tabla 3. Masas de los vehículos según norma (kg)	40
Tabla 4. Velocidades de los ensayos según estándar (km/h).....	41
Tabla 5. Accidentes contra objetos fijos en Francia, 2009.	44
Tabla 6. Usuarios lesionados o fallecidos por choque con objeto fijo, 2019.	48
Tabla 7. Documentos nacionales relacionados con sistemas de contención vehicular	49
Tabla 8. Ingresos en 2019 del mercado de barreras	53
Tabla 9. Ingresos 2019 y proyecciones a 2027 (Millones de dólares) para sistemas de contención vehicular	55
Tabla 10. Mercado de sistemas de contención vehicular. Ingresos 2019 y proyecciones a 2027 (Miles de Unidades)	56
Tabla 11. Mercado de sistemas de contención vehicular por tipo de sistemas de contención vehicular (Millones de dólares)	56
Tabla 12. Características esenciales exigidas para cada tipo de sistema de contención vehicular, terminales o transiciones	78
Tabla 13. Condiciones de los ensayos para barreras de seguridad	85
Tabla 14. Condiciones de los ensayos para amortiguadores de impacto	87
Tabla 15. Condiciones de los ensayos para terminales	88
Tabla 16. Nivel de protección TS 17342	90
Tabla 17. Valores admisibles de los índices biomecánicos TS 17342.....	90
Tabla 18. Factores y criterios de evaluación de desempeño.....	92
Tabla 19. Ensayos para barreras longitudinales	95
Tabla 20. Ensayos para terminales y amortiguadores de impacto	97

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Estrategias para la seguridad vial	8
Ilustración 2. Víctimas fallecidas en accidentes de tránsito en Colombia ^(a)	9
Ilustración 3. Pilares estratégicos PNSV 2011 - 2021	10
Ilustración 4. Ejemplo de sistema de contención vehicular	12
Ilustración 5. Ejemplo de sistema de contención vehicular con elemento de protección para motociclistas	12
Ilustración 6. Tipos de sistemas de contención vehicular	13
Ilustración 7. Transiciones entre barreras de seguridad vial.....	13
Ilustración 8. Barrera de seguridad vial metálica.....	14
Ilustración 9. Barrera de seguridad vial de hormigón	14
Ilustración 10. Barrera de seguridad vial de cables	14
Ilustración 11. Pretil en puente vehicular.....	15
Ilustración 12. Amortiguador de impacto	16
Ilustración 13. Terminal absorbente de energía	16
Ilustración 14. Terminal abatida al suelo	17
Ilustración 15. Riesgos de instalación de sistemas de contención vehicular inseguros	17
Ilustración 16. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en la Unión Europea	19
Ilustración 17. Evaluación de desempeño de sistemas de contención vehicular en Europa	22
Ilustración 18. Contenido norma armonizada EN 1317: 2010	23

Ilustración 19. Especificaciones y reportes técnicos sistemas de contención vehicular....	23
Ilustración 20. Ensayos o pruebas de impacto para sistemas de contención vehicular	24
Ilustración 21. Comportamiento que debe tener el sistema de contención vehicular y el vehículo después del impacto (EN 1317:2010)	25
Ilustración 22. Sistemas de protección de motociclistas continuos.....	25
Ilustración 23. Sistemas de protección de motociclistas discontinuos	26
Ilustración 24. Ensayos o pruebas de impacto sistemas de protección para motociclistas	26
Ilustración 25. Comportamiento que debe tener el SPM y el maniquí después del impacto	27
Ilustración 26. Sistemas de contención de peatones	28
Ilustración 27. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en Estados Unidos	29
Ilustración 28. Número de personas fallecidas en choques con sistemas de contención vehicular en USA	30
Ilustración 29. Estándares para la evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular en USA.	30
Ilustración 30. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito en México, y número de fallecidos en vías no federales y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en vías no federales	34
Ilustración 31. Número de personas fallecidas en choques con objetos fijos en vías no federales de México.....	35
Ilustración 32. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en Chile	36
Ilustración 33. Número de personas fallecidas en choques con objetos fijos en Chile	37
Ilustración 34. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito en Perú	38
Ilustración 35. Niveles de contención para barreras de seguridad según EN 1317 y MASH 2016	42
Ilustración 36. Impacto positivo de la instalación de sistemas de contención vehicular seguros.....	44
Ilustración 37. Porcentaje de usuarios lesionados después de choques con sistemas de contención vehicular (Francia y Estados Unidos).....	45
Ilustración 38. Ejemplos de sistemas de contención vehicular en Colombia	47
Ilustración 39. Deficiencias en sistemas de contención vehicular instalados en Colombia	48
Ilustración 40. Países exportadores de manufacturas de fundición de hierro o acero en 2019	53
Ilustración 41. Países importadores de manufacturas de fundición de hierro o acero en 2019	54
Ilustración 42. Participación en el mercado de barreras de contención a nivel mundial por zona geográfica	55
Ilustración 43. Influencia de los niveles de contención de sistemas de contención vehicular en afectaciones a los usuarios de las vías.....	58
Ilustración 44. La evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular está contemplada de forma adecuada en las disposiciones normativas o técnicas vigentes ...	59
Ilustración 45. Frecuencia con que el desempeño de sistemas de contención vehicular es tenido en cuenta para la selección del sistema que se instalará en la infraestructura vial.	60
Ilustración 46. Las especificaciones generales de construcción de carreteras del Invías (art. 730) ofrecen todos los elementos para la fabricación de sistemas de contención vehicular que prevengan o mitiguen las lesiones de los usuarios ante eventos de salida de vía del vehículo	60
Ilustración 47. Las especificaciones generales de construcción de carreteras del Invías (art. 731) ofrecen todos los elementos para la fabricación de sistemas de contención vehicular	

que prevengan o mitiguen las lesiones de los usuarios ante eventos de salida de vía del vehículo	61
Ilustración 48. El Gobierno ofrece los lineamientos suficientes para la instalación de sistemas de contención vehicular que prevengan o mitiguen las lesiones de los usuarios ante eventos de salida de vía.	62
Ilustración 49. Retos en materia de sistemas de contención vehicular (SCV) según participantes en sondeo 1	63
Ilustración 50. Los sistemas de contención vehicular instalados en la infraestructura vial colombiana son adecuados para la protección de los siguientes usuarios de la vía frente a una eventual salida de vía de los vehículos.	64
Ilustración 51. Porcentaje de usuarios que manifiestan haber evidenciado sectores en los que los sistemas de contención vehicular instalados no contaban con las condiciones suficientes para reducir las posibilidades de lesiones	65
Ilustración 52. Importancia de los sistemas de contención vehicular en la protección de los usuarios de la infraestructura vial.....	65
Ilustración 53. Retos en materia de sistemas de contención vehicular (SCV) según participantes en sondeo 2.	66
Ilustración 54. Causas, problema y consecuencias.....	67
Ilustración 55. Fines, objetivos generales y específicos	69
Ilustración 56. Actores identificados.....	70
Ilustración 57. Deflexión dinámica, anchura de trabajo e intrusión del vehículo	84
Ilustración 58. Desplazamiento lateral amortiguadores de impacto.....	84
Ilustración 59. Desplazamiento lateral terminales	84
Ilustración 60. Aceleraciones, fuerzas y momentos del maniquí	91

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la seguridad vial ha tomado lugar en las agendas gubernamentales como un tema primordial de política pública dadas las afectaciones generadas sobre las personas como consecuencia de los accidentes de tránsito. Este posicionamiento de la seguridad vial ha traído consigo el desarrollo de consensos internacionales en torno a las estrategias idóneas que deben ser priorizadas para la reducción de personas heridas y fallecidas en las vías.

En este sentido, los gobiernos han reconocido que la protección de la vida e integridad del ser humano en el ejercicio de la movilidad requiere el diseño y operación de un sistema de transporte que reduzca la probabilidad de ocurrencia de accidentes en la vía. No obstante, dado que la realización de desplazamientos genera diversas y complejas interacciones, ha sido necesario reconocer que, si bien el objetivo principal es reducir el número de accidentes de tránsito, el sistema debe estar preparado para proteger a los actores viales en caso de ocurrencia de estos.

En virtud de lo anterior, es necesario que la infraestructura vial, entendida como uno de los principales componentes del sistema de transporte, así como cada uno de los elementos que la componen, orienten y coadyuven a la realización de maniobras seguras por parte de los actores de la vía y en caso de ocurrencia de un choque o colisión, reduzcan la magnitud de los daños generados a las personas involucradas en un accidente vial.

Con este propósito, y ante la existencia de situaciones o condiciones peligrosas para los usuarios de las vías, la instalación de dispositivos conocidos como sistemas de contención vehicular en los márgenes o medianas de las vías ha sido considerada como una medida que, bajo determinadas circunstancias, resulta necesaria para evitar la exposición de las personas a riesgos mayores. En este sentido, un sistema de contención vehicular evita que los usuarios sean partícipes de accidentes que pueden comprometer su integridad, remplazando estos eventos por choques con dispositivos que reducen la probabilidad de sufrir lesiones graves o fatales.

No obstante, algunos accidentes ocurridos en las vías colombianas han permitido evidenciar dificultades relacionadas con el desempeño de los sistemas de contención vehicular. En particular, ha sido posible asociar el comportamiento inseguro de dichos sistemas con la generación de lesiones a usuarios de las vías

Al respecto, y debido a la importancia que en materia de seguridad vial revisten los sistemas de contención vehicular, el Gobierno nacional, a través del Plan Nacional de Seguridad Vial 2011 – 2021, reconoce la importancia de definir especificaciones técnicas orientadas al desempeño seguro de dichos sistemas.

Ahora bien, con el fin de garantizar la idoneidad de todo reglamento técnico a implementar y evitar crear obstáculos innecesarios al comercio, el Decreto 1595 de 2015 establece como obligación de las entidades del Estado con facultades de regulación técnica, adelantar buenas prácticas en materia de regulación, entre las cuales se encuentra la elaboración de análisis de impacto normativo. A través de dichos análisis es posible identificar la problemática a intervenir, evaluar las posibles alternativas de solución, entre ellas la expedición de un reglamento técnico, y evaluar los impactos de cada una de ellas.

De acuerdo con lo anterior, y en cumplimiento del citado Decreto, el presente documento desarrolla la primera etapa del análisis de impacto normativo para el desempeño de sistemas de contención vehicular. Esta primera etapa consiste en la definición del problema identificado, lo cual representa un insumo preliminar determinante para el desarrollo de las

siguientes etapas relacionadas con la identificación y evaluación de alternativas y posteriormente, la selección de la alternativa más eficiente.

Así las cosas, la definición del problema expuesta en el presente documento parte de una revisión conceptual que contiene los principales elementos necesarios para una mejor comprensión de la problemática. Posteriormente, se desarrolla una revisión sobre los requisitos que en materia de desempeño de sistemas de contención vehicular se encuentran establecidos a nivel internacional y nacional.

Finalmente, a través del desarrollo de un ejercicio participativo que consideró la experiencia y conocimiento que tienen diversos actores sobre el tema analizado, se procedió con la definición del problema y la identificación de las respectivas causas que le dan origen, así como los efectos que surgen de esta situación, para establecer los objetivos de política pública que se esperan de la intervención estatal.

2. CONTEXTO

La vida, la salud y el bienestar son derechos fundamentales que han sido asignados de forma universal a los seres humanos con el fin de mejorar su calidad de vida y avanzar hacia el progreso de las sociedades (Naciones Unidas). Lo anterior requiere que los gobiernos destinen esfuerzos en la planeación y ejecución de acciones que permitan su efectiva protección.

En virtud de lo anterior, y debido a la vulneración de estos derechos por cuenta de los efectos de los accidentes de tránsito (sinistros viales)¹, los gobiernos de las naciones del mundo han asumido el compromiso de trabajar con vehemencia para mitigar esta problemática que en la actualidad representa más de 1.35 millones de personas fallecidas cada año (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2020).

Ante este preocupante panorama, y con la participación de entidades y organizaciones de carácter público y privado, se celebró en febrero de 2020 la Tercera Conferencia Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial: Alcanzar los objetivos mundiales para 2030, en la cual se estableció como objetivo la reducción en al menos un 50 % de las muertes en accidentes de tránsito para el 2030. Para dar cumplimiento a este fin, se recomendaron algunas estrategias para la incorporación de la seguridad vial como un elemento integral del sistema de transporte los cuales se exponen en la Ilustración 1.

Ilustración 1. Estrategias para la seguridad vial



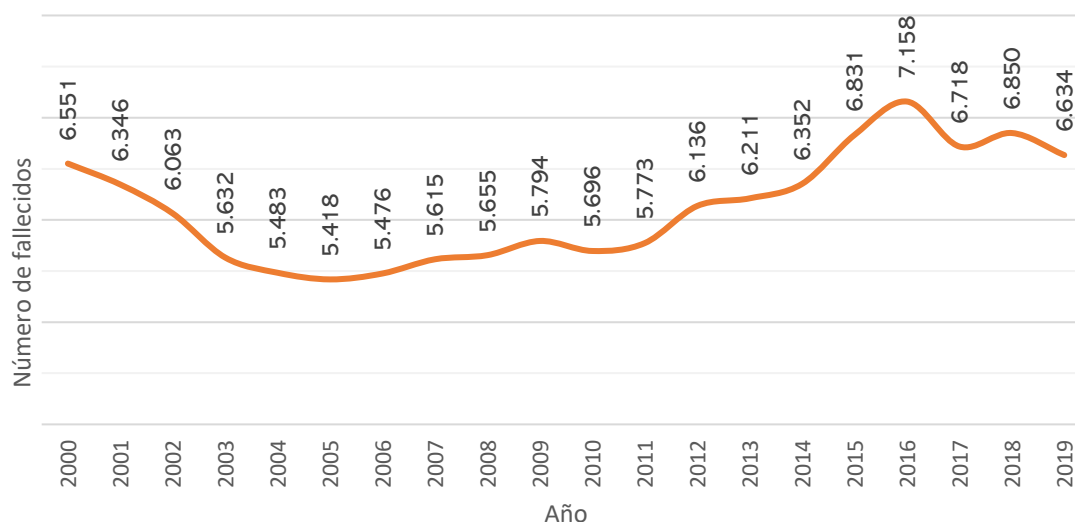
Fuente: ANSV, 2020 a partir de (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2020)

En dicha Conferencia, se evidenció con preocupación que más del 90 % de las muertes ocurridas en accidentes viales se producen en países de bajos y medianos ingresos. Particularmente en Colombia, de acuerdo con las cifras del Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV), el 2019 finalizó con 6.634 fallecidos por esta causa. Al respecto, el comportamiento de los accidentes de tránsito en el territorio nacional se ha caracterizado

¹ La expresión «sinistro vial» refleja el nuevo enfoque que se le da a la seguridad vial a nivel mundial (sistema seguro), en el cual, los accidentes de tránsito no son un hecho fortuito debido al azar sino a un fallo en alguna parte del sistema que compone la movilidad segura. Este enfoque está siendo adoptado desde la ANSV en la ejecución de sus políticas; sin embargo, el presente documento hará uso de la expresión «accidente» debido a la terminología legal incorporada en la Ley 769 de 2002.

en los últimos diez años por un aumento del número de personas fallecidas, con un crecimiento promedio del 1,36 % anual (Ilustración 2).

Ilustración 2. Víctimas fallecidas en accidentes de tránsito en Colombia^(a)



Fuente: ANSV, 2020 con base en datos del ONSV

^(a)Valoradas por el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses

Ante esta problemática, el Gobierno nacional priorizó la planeación y ejecución de programas y proyectos encaminados a reducir el número de accidentes de tránsito ocurridos en las vías colombianas y a mitigar sus impactos en la salud e integridad de las personas. En este sentido, a través del Plan Nacional de Seguridad Vial 2011 – 2021 (PNSV)², el Gobierno ratificó su compromiso con la protección y el respeto por la vida como derecho máximo de todos los colombianos.

Este documento establece la importancia de implementar sistemas de transporte perdonadores o sistemas seguros, es decir, sistemas diseñados e implementados para proteger a los usuarios de los errores humanos en la circulación. Con estas consideraciones, el PNSV establece 5 pilares estratégicos de conformidad con los lineamientos establecidos por el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011 – 2020:

² Ajustado mediante Resolución 2273 de 2014.

Ilustración 3. Pilares estratégicos PNSV 2011 - 2021



Fuente: ANSV, 2020 a partir de PNSV 2011 – 2021.

Con relación a este último pilar, el PNSV determinó la importancia de consolidar las vías colombianas como ambientes seguros para la atención de las necesidades de movilización de todos los actores de la vía. Este aspecto se fortalece con las disposiciones incorporadas en la Ley 1682 de 2013³ la cual establece la seguridad como un principio orientador de la planeación y ejecución de la infraestructura vial del país a través de la implementación de la visión de cero muertes en accidentes.

Al respecto, el PNSV estableció como programa prioritario, la definición y actualización de especificaciones técnicas para una infraestructura vial segura, dentro del cual identificó la necesidad de desarrollar guías o reglamentos para las barreras de contención de impactos, amortiguadores de choque y barandas, dado el rol que, tal y como se expone en el siguiente capítulo, ejercen estos elementos en la mitigación de las lesiones generadas a los usuarios de las vías ante la ocurrencia de accidentes de tránsito.

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Sistemas de contención vehicular

Una proporción importante de los fallecimientos en accidentes de tránsito tiene como característica común la participación de un solo vehículo en el siniestro (SVA por su sigla en inglés, *Single vehicle accidents*). Usualmente, los accidentes de un solo vehículo están relacionados con eventos en los cuales los vehículos chocan con elementos ubicados tanto en el interior como en el exterior de la calzada vial (p. ej. árboles, señalización, postes, estructuras, dispositivos de contención, edificaciones etc.), caen a abismos o cuerpos de agua, sufren volcamientos, entre otros.

Al respecto, las personas fallecidas en estos accidentes pueden representar entre un 30 % y un 60 % del total de fallecidos en la Unión Europea y Estados Unidos respectivamente. Este tipo de accidentes ocurre en su mayoría cuando los vehículos abandonan la calzada,

³ Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias

no obstante, cerca del 30 % de SVA ocurre al interior de esta (National Highway Traffic Safety Administration, 2009).

En Colombia, de acuerdo con información del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, los accidentes fatales de tránsito en los cuales está involucrado un solo vehículo representan aproximadamente el 12 % del total de fallecidos en las vías (Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2018).

Aunado a lo anterior, existen otros tipos de accidentes que han resultado de especial interés para las autoridades debido a la probabilidad de lesiones graves que se derivan de ellos. Ejemplo de ello son las colisiones entre vehículos que viajan en sentido contrario, o colisiones frontales, pues suponen consecuencias muy graves para los ocupantes de los vehículos involucrados (Instituto de Tránsito y Seguridad Social). En España, por ejemplo, las colisiones frontales en vías interurbanas son responsables del 23 % de los fallecimientos en la vía (Dirección General de Tráfico, 2020).

Ante la gravedad de las lesiones que se pueden generar en los anteriores accidentes, y en el marco de la implementación del enfoque sistema seguro⁴ que reconoce los errores humanos en la conducción, las autoridades han coincidido en la necesidad de diseñar y operar infraestructura segura, lo cual requiere, entre otros aspectos, la eliminación de objetos o la modificación de características que representen un peligro para la integridad de los actores viales ante una eventual pérdida de control de los vehículos.

Si bien, existe consenso en la relevancia y prevalencia de la anterior actuación expuesta, en algunas situaciones, diversos factores técnicos, económicos o ambientales pueden dificultar o impedir la supresión, modificación o cambio de dichos objetos o características peligrosas, en cuyas circunstancias las autoridades han optado por instalar sistemas de contención vehicular (SCV) (Fondo de Prevención Vial, 2012).

Los sistemas de contención vehicular son dispositivos que al ser instalados en las vías (zonas laterales o centrales de la calzada, inmediaciones a estructuras, entre otros) tienen como fin contener, redirigir o detener un vehículo que ha perdido el control para evitar su impacto contra vehículos que viajan en sentido contrario o contra objetos fijos, así como caídas o hundimientos y con esto, prevenir lesiones o reducir su gravedad en los ocupantes u otros usuarios de la vía (Fondo de Prevención Vial, 2012). En este sentido, un sistema de contención busca que el efecto generado por el choque entre él y el vehículo sea menor que el que se hubiese podido ocasionar de no estar presente (Espinoza, 2010).

Como se puede observar en la Ilustración 4, estos sistemas están conformados por elementos longitudinales que entran en contacto con el vehículo para realizar la contención y que pueden ser diferentes materiales (p. ej. metal, concreto, cables, madera), así como por otros elementos encargados de dar soporte estructural o fijar el sistema al suelo o base (p. ej. barras de acero, postes de fijación, tornillos, entre otros). En algunos casos, los sistemas de contención vehicular cuentan con elementos específicos para la contención de usuarios de motocicletas o medios no motorizados (ver Ilustración 5).

⁴ El sistema seguro es un enfoque centrado en el usuario del sistema de transporte que reconoce que todas las personas cometen errores y pueden sufrir accidentes, razón por la cual el sistema debe ser diseñado y operado para perdonar dichos errores y no provocar muertes o lesiones a los usuarios. (National Road Safety Strategy)

Ilustración 4. Ejemplo de sistema de contención vehicular



Fuente: (Instituto Vial Iberoamericano, 2018)

Ilustración 5. Ejemplo de sistema de contención vehicular con elemento de protección para motociclistas



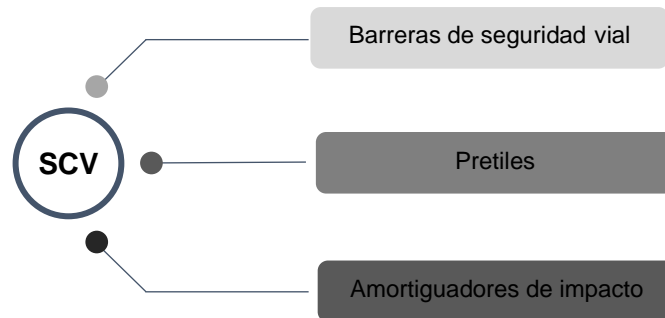
Fuente: (Asociación Nacional de Consumidores por la Seguridad Vial, 2016)

2.1.2 Tipos de sistemas de contención vehicular

En función de las características de la vía y de los riesgos identificados en ella, se pueden instalar diversos tipos de sistemas de contención vehicular, siendo los más comunes las barreras de seguridad vial, los pretiles y los amortiguadores o atenuadores de impacto⁵ (ver Ilustración 6).

⁵ Además de los dispositivos indicados en la ilustración 8, existen otros mecanismos utilizados para la detención segura de los vehículos. Ejemplo de esto, es la disposición de áreas adyacentes a la vía que le permite a los vehículos detenerse ante posibles fallas que le dificulten regular su velocidad. Estas áreas se conocen como vías o rampas de emergencia o rampas de escape y usualmente pueden ser: i) pendientes ascendentes que, por efecto de la gravedad, logran detener el vehículo o ii) lechos de frenado que consisten en rampas conformadas por material granular que logran la desaceleración contralada. (Echaveguren, Vargas, & Nancuñil, 2007)

Ilustración 6. Tipos de sistemas de contención vehicular



Fuente: ANSV, 2020

No obstante, en diversos casos, es posible que sea necesaria la instalación de varios tipos o modelos de sistemas de contención (diferente rigidez, sección transversal o nivel de contención), por lo cual se requiere implementar transiciones entre los dispositivos contiguos para proteger las conexiones y evitar fallas del sistema en el área en que se produce el cambio (ver Ilustración 7).

Ilustración 7. Transiciones entre barreras de seguridad vial



Fuente: (Cámara Colombiana de Infraestructura, 2011)

A continuación, se incorpora la descripción de los sistemas de contención vehicular mencionados en la Ilustración 6.

2.1.2.1 Barreras de seguridad vial

Son sistemas de contención utilizados en infraestructura vial a nivel que pueden ser rígidas (no se deforman ante el choque) o deformables (absorben energía con el impacto) en función de sus materiales: acero, plástico, hormigón, cables, madera, mixtas, entre otros.

De acuerdo con (Guerra Triviño, 2012), las barreras de seguridad vial actúan principalmente para:

- Modificar moderadamente la trayectoria del vehículo.
- Mantener la funcionalidad del vehículo después del choque.

- Detener el movimiento del vehículo a través de las fuerzas desarrolladas en su contacto con él (deformaciones y movimientos).
- Mantener la trayectoria del vehículo paralela a la barrera para evitar su incorporación descontrolada a la calzada y por tanto impedir el choque con otros vehículos.

Ilustración 8. Barrera de seguridad vial metálica



Fuente: (Fondo de Prevención Vial, 2012)

Ilustración 9. Barrera de seguridad vial de hormigón



Fuente: (Federal Highway Administration, 2017)

Ilustración 10. Barrera de seguridad vial de cables



Fuente: (Department of Transportation - State of Wisconsin, s.f.)

2.1.2.2 Pretiles

Son barreras de seguridad que se ubican en los bordes de los tableros de los puentes y en muros de contención. Usualmente están formadas por una base inferior de hormigón sobre la cual se ubica el elemento de contención (Guerra Triviño, 2012).

Los pretiles tienen como fin redireccionar el vehículo para evitar su caída en la profundidad, a la vez que minimiza los impactos en los ocupantes del vehículo y se protegen a los conductores que circulan en sentido contrario y a los peatones (Rodríguez Romero, Díaz-Pavón, Díaz Heredia, Arroyo Arroyo, & Liébana Ramos, 2018).

Ilustración 11. Pretil en puente vehicular



Fuente: (Fondo de Prevención Vial, 2012)

2.1.2.3 Amortiguador de impactos

Son dispositivos conformados por una estructura deformable que absorbe de manera progresiva la energía cinética del choque evitando que esta sea amortiguada por el vehículo o por sus ocupantes. Los amortiguadores de impactos están especialmente diseñados para mitigar las lesiones de impactos frontales al desacelerar el vehículo hasta su detención, proteger de obstáculos puntuales y redireccionar en choques laterales (Federación Española de Municipios y Provincias). Generalmente, son utilizados en los extremos de las barreras de seguridad vial o pretiles, columnas, árboles ubicados cerca de la calzada, estaciones de peajes, entre otros.

Los amortiguadores de impacto pueden ser redirectivos, los cuales contienen y redireccionan a los vehículos, o no redirectivos, si únicamente contienen a los vehículos (Comité Europeo de Normalización, 2010).

Ilustración 12. Amortiguador de impacto



Fuente: (Federación Española de Municipios y Provincias)

2.1.3 Terminales en un sistema de contención vehicular

Los sistemas de contención vehicular incorporan elementos o tratamientos especializados en sus puntos de inicio y fin para que ellos no generen riesgos en los usuarios de la vía (Leiderman). La protección de los extremos de un sistema de contención a partir de elementos denominados «terminales» evita que los elementos longitudinales de estos dispositivos se incrusten en el vehículo y reduce la probabilidad de que este sea lanzado, se vuelque o desacelere de forma peligrosa al impactar contra el extremo del sistema (Fondo de Prevención Vial, 2012).

Ilustración 13. Terminal absorbente de energía



Fuente: (Fondo de Prevención Vial, 2012)

Ilustración 14. Terminal abatida al suelo



Fuente: (Unidad de Seguridad Vial y Transporte, 2017)

A partir de lo anteriormente expuesto, es posible concluir que los sistemas de contención son dispositivos que permiten, a través de la articulación de diversos elementos, la protección de los usuarios de la infraestructura vial al evitar el impacto de los vehículos con otros objetos fijos con características peligrosas, vehículos que circulan en sentido contrario, la caída a abismos y demás eventos que pueden poner en peligro la vida o integridad del conductor, pasajeros y demás actores de la vía.

Si bien, pueden ser construidos a partir de diversos materiales, su objetivo siempre será contener o redireccionar los vehículos de forma segura, de tal forma que el choque entre el vehículo y el dispositivo no genere lesiones en los ocupantes del vehículo o accidentes con otros usuarios de la vía.

Así las cosas, aspectos como el diseño, selección e instalación del sistema de contención deben ser debidamente considerados con el fin de evitar lesiones graves en los usuarios de las vías (Town of Weston, 2016). Al respecto, si el sistema de contención vehicular no cuenta con el diseño o instalación idónea, además de no cumplir con su objetivo de contención, podría generar graves afectaciones a los ocupantes del vehículo tal y como se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 15. Riesgos de instalación de sistemas de contención vehicular inseguros



Fuente: News 24, 2014; Autovías.wordexpress.com.

De conformidad con lo anterior, y dado que en ninguna circunstancia el sistema de contención puede ser más peligroso que el riesgo del que está protegiendo al usuario vial,

las autoridades de diferentes países han establecido requisitos para evaluar el desempeño de estos dispositivos y aumentar la confiabilidad en el desempeño seguro de los diferentes prototipos a través de pruebas o ensayos de choque.

De forma general, estos ensayos tienen como fin analizar el comportamiento de un determinado modelo o prototipo de contención vehicular al ser sometido a diferentes condiciones de choque (diferentes vehículos, velocidades y ángulos de impacto), para establecer si durante o después del choque se generaron las condiciones para salvaguardar la vida y salud de los ocupantes del vehículo y demás actores viales. A continuación, se expone con mayor detalle cómo se realiza la evaluación del desempeño en diferentes regiones del mundo.

2.2 Antecedentes internacionales

Diversas autoridades han emprendido acciones con el fin de evaluar si, bajo determinadas condiciones, los sistemas de contención vehicular son adecuados para el cumplimiento de su objetivo y por lo tanto no constituyen un elemento de riesgo mayor para los actores viales.

A continuación, se exponen los estándares definidos en materia de evaluación de desempeño, así como los impactos generados con estas acciones en regiones como la Unión Europea, Estados Unidos y Latinoamérica.

Tabla 1. Estándares para la evaluación de desempeño de sistemas de contención vehicular en diversos países del mundo

Comunidad o país	Estándar para la evaluación de desempeño de sistemas de contención vehicular
Unión Europea	Norma armonizada EN 1317
Estados Unidos	Informe NCHRP 350 y Manual MASH
México	Equivalencia al informe NCHRP 350 y Manual MASH de USA.
Chile	Equivalencia a la norma europea EN 1317, estadounidense NCHRP 350 y sistemas de contención vehicular incluidos en el Manual de Carreteras de Chile.
Perú	Equivalencia a la norma europea EN 1317 o estadounidense NCHRP 350. (Se permite el uso de MASH, pero recomienda evaluar su pertinencia).

Fuente: ANSV, 2020.

2.2.1 Unión Europea

2.2.1.1 Contexto europeo

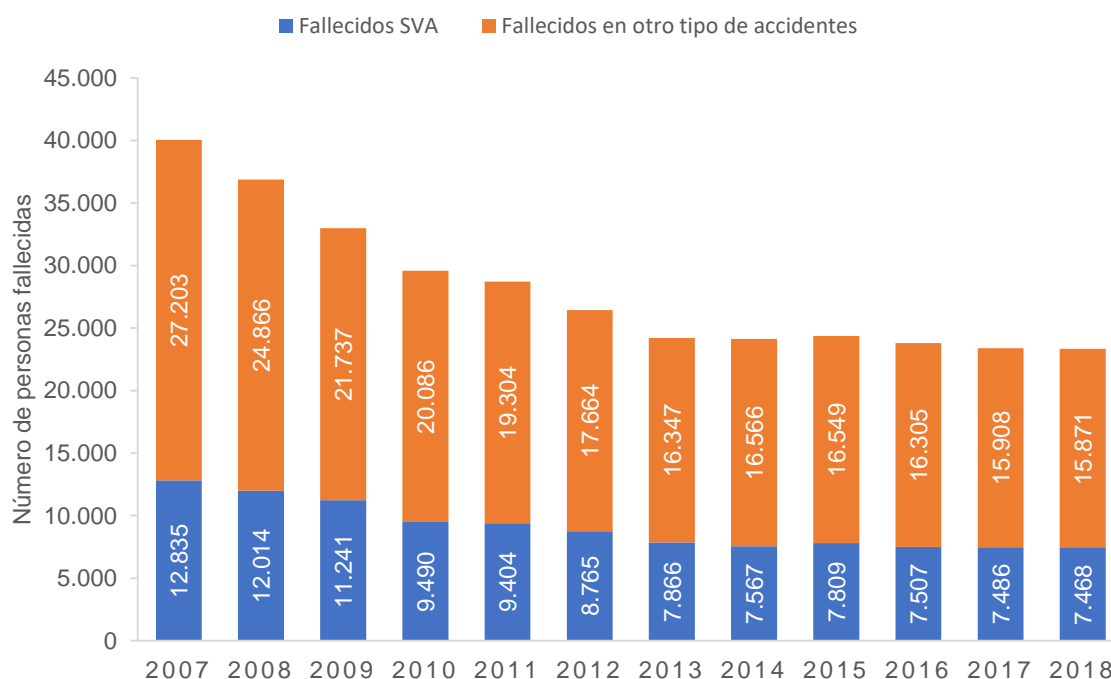
De acuerdo con la Unión Europea, el transporte terrestre constituye uno de los sectores fundamentales para el mantenimiento de la economía europea, y por tal razón su política en la materia se ha enfocado no solo en mejorar la velocidad, sino también su seguridad.

Al respecto, esta región ha adoptado una política de seguridad vial enfocada en el comportamiento de los usuarios, la seguridad de los vehículos y de la infraestructura. Así las cosas, el número de fallecidos en accidentes de tránsito ha presentado una tendencia a la disminución con una tasa promedio anual de decrecimiento de 4,40 % (ver Ilustración 16).

En relación con el comportamiento de accidentes de un solo vehículo, categoría de accidentes en los cuales se encuentran incorporados los choques contra barreras de seguridad, pretilas y amortiguadores de impacto, las muertes pasaron de 12.835 a 7.507 en el periodo comprendido entre el año 2007 al 2016 como se observa en la Ilustración 16. En promedio, el 32 % de fallecidos en accidentes de tránsito en la Unión Europea se generó en este tipo de accidentes.

Los países con las tasas más altas de fallecidos en este tipo de accidentes corresponden a Grecia, Luxemburgo, Rumania y Letonia, y los países con las tasas más bajas son Malta, Suecia, Países Bajos, Dinamarca y Alemania. En cuanto a los medios de transporte en los que fallecieron los usuarios viales en accidentes de un solo vehículo, para el año 2016, el 66 % correspondió a automóviles y el 23 % a vehículos con dos ruedas (Comisión Europea, 2018).

Ilustración 16. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en la Unión Europea



(a): Debido a la ausencia de datos, el número de fallecidos en accidentes de un solo vehículo para los años 2017 y 2018 fue estimado a partir del comportamiento de estos accidentes en los años anteriores.

Fuente: ANSV, 2020 con base en Comisión Europea – Eurostat y (Comisión Europea, 2018)

Con el fin de reducir estas cifras, dentro de las principales recomendaciones realizadas por el Consejo Europeo de Seguridad del Transporte a los países miembros de la Unión Europea se encuentra la sugerencia de instalar sistemas de contención vehicular en aquellos sitios en los cuales los obstáculos riesgosos no puedan ser eliminados y procurar que dichos sistemas protejan a los usuarios de vehículos de dos ruedas (Comisión Europea, 2018). Al respecto, y como se expone a continuación, la Unión Europea cuenta con un régimen normativo cuya finalidad es favorecer la instalación de sistemas de contención seguros.

2.2.1.2 Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular en la Unión Europea

En 1988, la Comunidad Económica Europea⁶ adoptó la directiva 89/106/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción. Lo anterior buscaba la unificación de las diferentes disposiciones existentes en cada uno de los países miembro de la comunidad en materia de idoneidad técnica que, por sus diferencias, dificultaban el comercio dentro de la Comunidad.

Esta directiva imponía el deber a los fabricantes o importadores de determinados elementos de construcción de informar a los usuarios que el equipo comercializado cumplía con la legislación a través del marcado de conformidad «CE» en dichos equipos. En este sentido, un producto cobijado por una o varias directivas⁷ de la Unión Europea que contuviera la marca CE indicaría que los productos son conformes con las normas armonizadas⁸ incorporadas al ordenamiento del respectivo país (Marcado CE, s.f.).

En el año 2011, el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea aprobaron el reglamento UE 305/2011 con el cual se derogó la anterior directiva bajo las siguientes premisas:

- Las obras de construcción no pueden comprometer la seguridad de las personas, animales domésticos, bienes ni dañar el medio ambiente.
- La disparidad de las especificaciones técnicas nacionales dificulta el comercio en la Unión Europea.
- Se requiere aclarar el marco existente y aumentar la transparencia y efectividad de las medidas existentes.
- La eliminación de las barreras técnicas en el sector de la construcción solo se puede conseguir a partir de especificaciones técnicas armonizadas.
- Las normas armonizadas deben considerar las diferencias climáticas, geológicas, geográficas y otras diferencias en las condiciones de los estados miembros.
- El Comité Europeo de Normalización es el organismo competente para la adopción de normas armonizadas. Los fabricantes deben usar esas normas armonizadas cuando se haya publicado la referencia a las mismas en el Diario Oficial de la Unión Europea.

⁶ Creado en 1957 con la intención de crear un mercado común entre los países europeos basado en la libre circulación de bienes, servicios, personas y capitales. En 1993, con la formación de la Unión Europea, la Comunidad Económica Europea se incorporó a esta última denominándose Comunidad Europea para finalmente pasar a ser parte de los pilares de la UE.

⁷ “Las directivas son actos legislativos en los cuales se establecen objetivos que todos los países de la UE deben cumplir. Sin embargo, corresponde a cada país elaborar sus propias leyes sobre cómo alcanzar esos objetivos.” (Unión Europea, s.f.)

⁸ Las normas armonizadas son documentos de obligatorio cumplimiento para los países miembro de la Unión Europea en las cuales se definen las condiciones técnicas para evaluar el rendimiento o desempeño de determinados productos. (Comisión Europea, s.f.)

- Los productos de construcción cubiertos por una norma armonizada deben ir acompañados de una declaración de prestaciones⁹ en relación con las características esenciales del producto.

De acuerdo con esta directiva, un producto de construcción es cualquier producto introducido en el mercado para ser incorporado de forma permanente en las obras de edificación y de ingeniería civil. Así, cuando estos productos estén cubiertos por una norma armonizada, el fabricante debe emitir una declaración de prestaciones, con lo cual está asumiendo la conformidad del producto de construcción e incorporar el marcado CE.

Como se mencionó anteriormente, el marcado CE indica que el producto está acorde con los requerimientos de las normas armonizadas establecidas para cada producto y por lo tanto los estados de la Unión Europea no prohibirán la comercialización de dichos productos salvo lo indicado en el capítulo 2.2.1.2.4. Estas normas armonizadas proporcionan los métodos y criterios para evaluar las prestaciones de los productos de construcción en relación con sus características esenciales.

Para el caso de los sistemas de contención vehicular, en la Ilustración 17 se expone el procedimiento para que estos dispositivos puedan ser marcados con la sigla CE¹⁰. En síntesis, este procedimiento exige que un organismo notificado¹¹ certifique la realización de los ensayos exigidos en las normas armonizadas para los diferentes productos y posteriormente verifique que los procesos en planta realizados por los fabricantes permiten que toda la producción se realice de conformidad con las características de las muestras ensayadas. Seguido a esto, el fabricante emite la declaración de prestaciones e incorporará el marcado CE en sus productos (Asociación de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial, 2013).

⁹ La declaración de prestaciones es el documento que contiene la información del fabricante, los usos previstos del producto, la norma armonizada que cubija el producto, nombre del organismo de evaluación, las características esenciales del producto, entre otros. (Comisión Europea)

¹⁰ Decisión 579 de 1996 de la Comisión Europea relativa al procedimiento de certificación de la conformidad de productos de construcción con arreglo al apartado 2 del artículo 20 de la Directiva 89/106/CEE del Consejo, en lo que concierne a equipamiento fijo para vías de circulación. Define el procedimiento mediante el cual se realizará la certificación de la conformidad para sistemas de contención vehicular.

¹¹ Organismos autorizados para desempeñar, en calidad de terceros, el proceso de evaluación de la conformidad del producto (Reglamento 305 de 2011 del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo).

Ilustración 17. Evaluación de desempeño de sistemas de contención vehicular en Europa



Fuente: ANSV, 2020 con base en Reglamento 305/2011 del Parlamento Europeo.

En relación con la norma armonizada para sistemas de contención vehicular, a través de la norma «EN 1317: Sistemas de contención para carreteras» se definieron los criterios de aceptación que estos sistemas deben cumplir para ser instalados en la infraestructura vial de la Unión Europea. La primera versión de esta norma tuvo su origen en el año de 1998 y en el año 2010 tuvo su más reciente actualización, la cual está compuesta por cinco partes tal y como se expone en la Ilustración 18.

Ilustración 18. Contenido norma armonizada EN 1317: 2010

EN 1317 - 1	Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo
EN 1317 - 2	Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para <u>barreras de seguridad vial incluyendo pretilas</u>
EN 1317 - 3	Parte 3: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para <u>atenuadores de impacto</u> .
ENV 1317 - 4	Parte 4^(a): Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para <u>terminales y transiciones de barreras de seguridad</u> .
EN 1317 - 5	Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos.

^(a) La Norma ENV 1317-4 actualmente se encuentra en revisión para su conversión en norma armonizada. Esto implica que los terminales y transiciones no son objeto del marcado CE.

Fuente: ANSV, 2020 con base en (European Committee for Standardization, s.f.)

De forma adicional a esta norma armonizada, la Unión Europea cuenta con especificaciones técnicas (TS), entendidas como documentos normativos de cumplimiento voluntario para los países de la Unión Europea y que en un futuro podrían convertirse en normas armonizadas, así como con reportes técnicos (TR) los cuales obedecen a documentos informativos (sin carácter de norma):

Ilustración 19. Especificaciones y reportes técnicos sistemas de contención vehicular

TS 17342 (2019)	Sistemas de contención para carreteras ^(a) Sistemas de contención en carretera para <u>motocicletas</u> que reducen la gravedad del impacto de las colisiones de motociclistas con barreras de seguridad.
TR 16949 (2016)	Sistemas de contención para carreteras ^(b) Sistemas de contención para <u>peatones</u> – parapetos peatonales.

^(a) Reemplazó la norma en revisión prEN 1317 – 8

^(b) Reemplazó la norma en revisión prEN 1317 – 6

Fuente: ANSV, 2020 con base en (European Committee for Standardization, s.f.)

Con relación a la norma EN 1317, es importante aclarar, como se detalla a continuación, que su contenido se basa en el desempeño de los sistemas de contención vehicular y no en las características de producto. Es decir, dichas normas no contienen especificaciones de materiales, procedimientos de construcción o dimensiones, pues su objetivo es favorecer

la instalación de sistemas de contención efectivos en las vías (Asociación de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial, 2013).

2.2.1.2.1 Características esenciales

Las disposiciones establecidas en la norma EN 1317 tienen como campo de aplicación las barreras de seguridad, amortiguadores de impacto, terminales y transiciones. No obstante, como se mencionó anteriormente, esta norma no es de obligatorio cumplimiento para terminales y transiciones por cuanto la parte 4 se encuentra en versión experimental.

La norma EN 1317 evalúa el desempeño de los sistemas a partir de la medición de unas características denominadas esenciales (p. ej. nivel de contención, severidad del impacto, ancho de trabajo, entre otros), con las cuales se busca establecer si el dispositivo retiene el vehículo sin que se generen: lesiones a sus ocupantes, intrusión del sistema en el vehículo, deformaciones excesivas del dispositivo, volcamientos, entre otros. En el anexo 1 se describen estas características, así como los valores que permiten cuantificar cada una de ellas.

Así las cosas, una vez la entidad pública administradora vial ha definido los tipos de sistemas de contención requeridos y los valores de las características esenciales que estos deben tener para ser instalados en su proyecto vial, el fabricante, distribuidor o importador podrá ofrecer prototipos que hayan sido certificados para dichas características esenciales. Lo anterior implica que dichos dispositivos fueron sometidos a los ensayos o pruebas de choque establecidas en la norma EN 1317 y que los valores obtenidos a partir de estos ensayos se ajustan a los requerimientos del administrador.

Como se mencionó anteriormente, a través de los ensayos o pruebas de choque se miden los valores de las características esenciales y se clasifican los dispositivos en determinados niveles de contención. En estos ensayos se someten los sistemas de contención a impactos contra vehículos de diferentes masas (automóviles, camionetas, autobuses y vehículos pesados) a diferentes velocidades y ángulos de impacto. En el anexo 1 se encuentra el detalle de los ensayos requeridos para cada tipo de dispositivo.



Ilustración 20. Ensayos o pruebas de impacto para sistemas de contención vehicular



Fuente: Transpolis.fr

Con estos ensayos, además de evaluar el desempeño del sistema, es posible detallar el comportamiento tanto del dispositivo como del vehículo para analizar si se presentó algún comportamiento peligroso o inseguro que pueda causar daño a los ocupantes de los vehículos (Ilustración 21).

Ilustración 21. Comportamiento que debe tener el sistema de contención vehicular y el vehículo después del impacto (EN 1317:2010)

	
Comportamiento de la barrera	Comportamiento del vehículo
<ul style="list-style-type: none">• El SCV debe contener el vehículo sin rotura completa de ninguno de los principales elementos longitudinales del sistema.• Ningún elemento del SCV debe penetrar el habitáculo del vehículo.• No se admiten deformaciones en el habitáculo del vehículo que puedan causar daños graves.	<ul style="list-style-type: none">• No más de una de las ruedas del vehículo debe sobrepasar completamente el SCV.• El vehículo no debe volcar durante o después del choque que puedan causar daños graves.• La trayectoria de las ruedas se debe ajustar a las indicaciones establecidas en la norma.

Fuente: ANSV, 2020 a partir de norma EN 1317

Como se mencionó anteriormente, además de la norma armonizada EN 1317, en la Unión Europea cuentan con dos estándares que incorporan procedimientos para evaluar el desempeño de sistemas de contención para motocicletas y para peatones.

2.2.1.2.2 TS 17342 - Sistemas de contención en carretera para motocicletas

Esta especificación técnica reconoce que los usuarios de las motocicletas requieren una atención especial por cuanto la configuración de su vehículo no les ofrece protección en caso de impactar directamente un sistema de contención. Por lo anterior, este documento contiene los procedimientos para los ensayos de sistemas para protección de motociclistas (SPM) instalados en barreras de seguridad y pretiles, así como los criterios de aceptación del dispositivo en función del tipo del sistema que se quiera ensayar.

Al respecto, los SPM pueden ser continuos, los cuales están ubicados a lo largo de todo el sistema de contención vehicular con el propósito de retener o redireccionar, o discontinuos si están ubicados alrededor de un elemento potencialmente peligroso de la barrera.

Ilustración 22. Sistemas de protección de motociclistas continuos



Fuente: (New Zealand Transport Agency, 2017)

Ilustración 23. Sistemas de protección de motociclistas discontinuos



Fuente: (New Zealand Transport Agency, 2017)

El ensayo consiste en el lanzamiento de un maniquí a diferentes velocidades y ángulos, contra un tramo del sistema de contención con SPM, lo cual permite evaluar el comportamiento del SPM. Este comportamiento se determina a partir del nivel de protección que ofrece el dispositivo para velocidades de impacto de 60 km/h o 70 km/h y del nivel de severidad del impacto medido a partir de índices biomecánicos señalados en el anexo 3.¹²

Ilustración 24. Ensayos o pruebas de impacto sistemas de protección para motociclistas





Fuente: (Asociación Española de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial, 2017)

Un SPM cumple para un nivel de protección y nivel de severidad si cumple con los valores admisibles de dichos índices biomecánicos y si su comportamiento se ajusta a lo definido en la Ilustración 25.

¹² Norma UNE 135900:2017

Ilustración 25. Comportamiento que debe tener el SPM y el maniquí después del impacto

 <p>Comportamiento del SPM</p> <ul style="list-style-type: none">• No puede haber ruptura de ningún elemento longitudinal.• El ancho de trabajo del SVC con el SPM incorporado no debe exceder los valores establecidos en la norma EN 1317	 <p>Comportamiento del maniquí</p> <ul style="list-style-type: none">• El maniquí no puede quedar atrapado en el SCV.• Ninguna extremidad, o parte de una extremidad, ni la cabeza se deben separar del maniquí.• No debe haber laceraciones en el maniquí.
---	---

Fuente: ANSV, 2020 a partir de norma TS 17342

Si bien, esta especificación técnica no es de obligatorio cumplimiento para los países de la Unión Europea, es preciso indicar que España cuenta con la norma EN 135900:2017 «Evaluación del comportamiento de los sistemas para protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretilles. Procedimientos de ensayo, clases de comportamiento y criterios de aceptación». Esta norma es de obligatorio cumplimiento en dicho país y sus disposiciones son bastante similares a las contenidas en la especificación europea TS 17342.

2.2.1.2.3 TR 16949 – Sistemas de contención para peatones

Este reporte contiene requisitos técnicos y geométricos de diseño, así como los métodos de prueba y resultados de desempeño para sistemas de contención para peatones, es decir, que no estén destinados a la contención de vehículos. En relación con estos, el documento especifica las condiciones para pruebas a las que se debe someter el dispositivo y los criterios de aceptación del dispositivo.

Ilustración 26. Sistemas de contención de peatones



Fuente: Alcaldía de Popayán

2.2.1.2.4 Control y vigilancia

De conformidad con lo establecido en el Reglamento 765 del 2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, cada estado miembro de la Unión Europea es el encargado de realizar la vigilancia del mercado.¹³

El objetivo de esta vigilancia, según se indica en el citado reglamento, es garantizar que los productos sujetos a normas armonizadas que no cumplan con las disposiciones de estas normas o que por otras razones comprometan la salud o seguridad de los usuarios se retiren del mercado y se restrinja su comercialización. En este sentido, cada país tiene la libertad de designar la o las autoridades responsables de vigilancia del mercado, quienes actuarán de conformidad con el siguiente procedimiento:

- Medidas de vigilancia

Las autoridades de vigilancia del mercado de cada país (AVM) realizarán controles físicos, de documentos y de laboratorios al número de muestras que consideren adecuadas para la evaluación. Para el caso de los sistemas de contención vehicular, las AVM deben tener en cuenta los informes emitidos por el organismo de evaluación de la conformidad.

En caso de identificar riesgos, estas autoridades deben adoptar las medidas para reducir la probabilidad de lesiones. Si se decide retirar el producto, se debe informar a los agentes económicos pertinentes (fabricante, distribuidor o importador), en caso contrario, se trabajará de forma articulada para ejercer las acciones que permitan reducir dichos riesgos.

No obstante, ante cualquier decisión que la AVM adopte, se deberá ofrecer al fabricante u otro agente económico la oportunidad de ser escuchado en un plazo que no podrá ser inferior a 10 días, a menos que por la urgencia de la medida esto no sea posible.

- Productos que plantean un riesgo grave

¹³ «Por el que se establecen los requisitos de acreditación y vigilancia del mercado relativos a la comercialización de los productos y por el que se deroga el reglamento (CEE) n° 339/93»

Cuando las autoridades de vigilancia identifiquen productos que representan un riesgo grave para los usuarios, se debe garantizar que sean retirados o que se prohíba su comercialización de la forma más rápida posible.

Para determinar si un producto representa un riesgo grave para los usuarios, es necesario tener en cuenta la clase del producto y la probabilidad de ocurrencia del riesgo.

- Intercambio de información

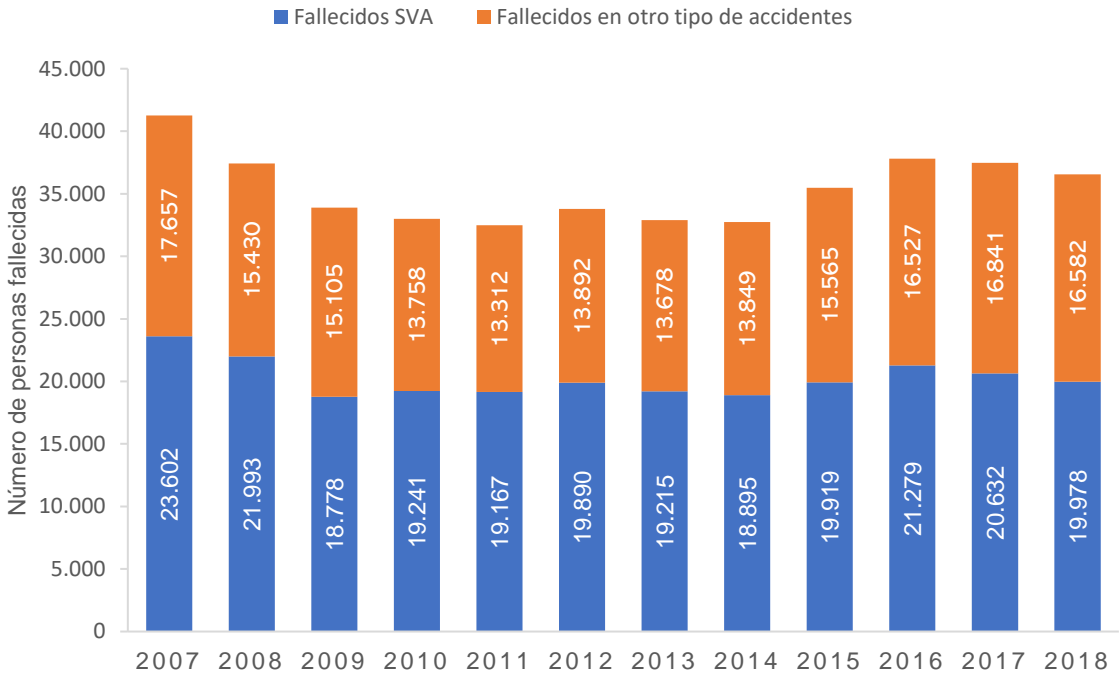
Cuando las autoridades de vigilancia del mercado hayan identificado productos que representan un riesgo deberán comunicar las medidas que se adopten a la Comisión Europea.

2.2.2 Estados Unidos

2.2.2.1 Contexto estadounidense

De forma general, el número de personas fallecidas en accidentes de tránsito en Estados Unidos ha presentado un comportamiento estable en los últimos 11 años, con algunos periodos de disminución y otros periodos de aumento. Con relación al tipo de accidentes en que se producen estos fallecimientos, es importante destacar que en promedio el 57 % de las muertes en accidentes de tránsito ocurren en accidentes de un solo vehículo (ver Ilustración 27).

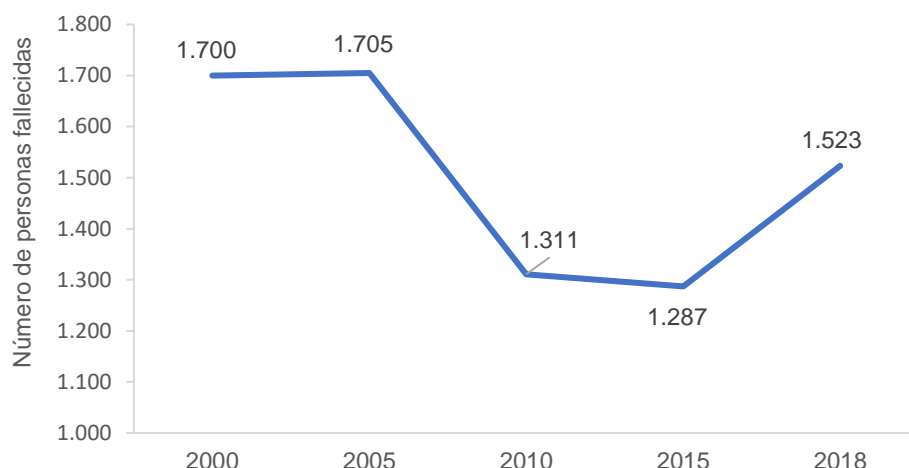
Ilustración 27. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en Estados Unidos



Fuente: ANSV, 2020 a partir de National Highway Traffic Safety Administration, 2018.

De acuerdo con las cifras de la Administración Nacional de seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA, *National Highway Traffic Safety Administration*), en el año 2018 se presentaron 7.315 fallecidos en accidentes en los cuales el vehículo chocó con algún objeto fijo¹⁴. De esta cifra, cerca del 20 % de las muertes tuvieron como principal causa identificada el choque contra un dispositivo de contención vehicular.

Ilustración 28. Número de personas fallecidas en choques con sistemas de contención vehicular en USA

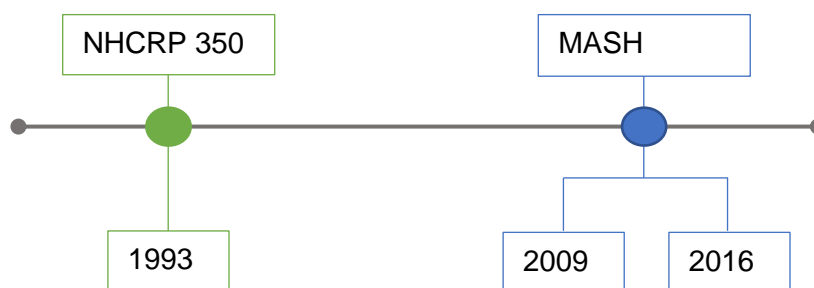


Fuente: ANSV, 2020 a partir de National Highway Traffic Safety Administration, 2018.

2.2.2.2 Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular

Los ensayos de impacto a escala han sido un método utilizado en Estados Unidos desde la década de los 60 para evaluar el desempeño de los sistemas de contención. En la actualidad, Estados Unidos cuenta con dos estándares para la evaluación del comportamiento de estos dispositivos (Ilustración 29).

Ilustración 29. Estándares para la evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular en USA.



Fuente: ANSV, 2020

¹⁴ Construcciones, postes o soportes, terraplenes, SCV, vallas o cercas, muros, hidrantes, arbustos y árboles, soportes de señales de tránsito, buzones de correo y otros no identificados.

Los antecedentes de estos documentos tienen sus orígenes en el año 1962, cuando la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials*) dio inicio al Programa Cooperativo Nacional de Investigación de Carreteras (NCHRP, *National Cooperative Highway Research Program*), administrado por la Junta de Investigación del transporte (TRB, *Transportation Research Board*) con el fin de desarrollar estudios orientados a resolver dificultades que enfrentan los administradores de la infraestructura vial (Transportation Research Board, s.f.).

En atención al objetivo del NCHRP, en el año 1974 se publicó el documento: Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de accesorios de seguridad vial, el cual fue actualizado en el año 1979. No obstante, la operación de nuevos modelos vehiculares en las vías y nuevos diseños de sistemas de contención vehicular dieron origen a la publicación en el año 1993 del informe NCHRP 350 «Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de seguridad de dispositivos viales».

Posteriormente, en el año 2009, la AASHTO realizó la publicación del «Manual para evaluar equipos de seguridad» (MASH 2009, *Manual for Assessing Safety Hardware*) el cual actualizó los vehículos de prueba requeridos en NCHRP 350 con el fin de reflejar las características de los vehículos que circulan en USA y mejorar los criterios de evaluación al corregir criterios subjetivos y modificar condiciones de los impactos (Transportation Research Board, 2013).

Finalmente, en el año 2016, la AASHTO realiza la actualización del manual MASH 2009, cuyas modificaciones se centran en la incorporación de matrices de pruebas específicas para barreras de cables y algunas modificaciones en la documentación requerida de los ensayos; así las cosas, a la fecha, la versión más reciente de este manual se conoce como MASH 2016.

2.2.2.2.1 Aceptación de los sistemas de contención vehicular para su uso en las vías de USA

En relación con la aceptación de los sistemas de contención para su instalación en las vías estadounidenses, es preciso indicar que esta responsabilidad recae sobre el Gobierno nacional y estatal y no se requiere evaluación por parte de un tercero (organismo notificado). Es decir, si los sistemas serán ubicados en corredores del sistema nacional de carreteras (NHS, *National Highway System*), la entidad responsable de autorizar el uso de estos dispositivos es la Administración Federal de Carreteras (FHWA, *Federal Highway Administration*) de lo contrario, serán los departamentos estatales de transporte (DOT, *Department of Transportation*) los encargados de dar dicha autorización.

En el primer caso, los fabricantes de sistemas de contención desarrollan los diferentes prototipos y a través de laboratorios de ensayos, realizan las pruebas de choque contempladas en NCHRP 350 o MASH. Una vez obtenidos los resultados, estos son remitidos a la FHWA quienes realizan el análisis de la documentación aportada y en caso de encontrarlos aceptables, emiten la carta de aceptabilidad en la cual se indica que el dispositivo es apto para su uso en el NHS.

Al respecto, es preciso indicar que antes del 2017, la FHWA emitía cartas de aceptación para modelos de sistemas de contención ensayados con NCHRP 350 o MASH 2009; no obstante, a partir del 2017, todos los nuevos prototipos de sistemas de contención para uso en el NHS que no hayan sido ensayados y por lo tanto no cuenten con carta de aceptación, deben ser ensayados con MASH 2016.

Por su parte, para instalar un sistema de contención vehicular en vías estatales, el respectivo DOT es el encargado de aprobar el uso del modelo patentado del fabricante, para lo cual es usual que se requiera que este haya sido ensayado de conformidad con cualquiera de los estándares de evaluación de desempeño mencionados. Es preciso indicar que un modelo de sistema de contención aceptado por la FHWA para uso en las vías nacionales no necesariamente será aceptado por un DOT para su uso en vías estatales.

Así mismo, los DOT tienen la posibilidad de diseñar modelos de sistemas de contención (no patentados), los cuales no requieren de una aprobación por parte de otra entidad. Usualmente, estos modelos pueden ser usados tanto por el estado diseñador como por otros estados federados del país.

2.2.2.2.2 Evaluación de desempeño

Las disposiciones establecidas en los documentos NCHRP 350, MASH 2009 y 2016 tienen como campo de aplicación las barreras de seguridad vial, pretiles y amortiguadores de impacto, así como otros dispositivos con funciones diferentes a la contención de vehículos (p. ej. estructuras de soporte, dispositivos de control de tránsito, entre otros).

En materia de desempeño, se considera que el sistema de contención es seguro si una vez realizadas las pruebas de impacto o choque, el dispositivo contiene y redirige al vehículo fuera de una zona peligrosa sin causar lesiones a ningún actor vial. Al respecto, los factores que se evalúan son la adecuación estructural, el riesgo de ocupantes y la respuesta posimpacto.

La adecuación estructural evalúa el comportamiento del sistema una vez ha sido impactado por el vehículo, particularmente en relación con las deflexiones laterales del dispositivo las cuales deben ser controladas y con la efectiva redirección o detención del vehículo.

El riesgo de los ocupantes se evalúa a partir de las velocidades y aceleraciones experimentadas por los ocupantes durante el impacto, así como por el comportamiento del vehículo. Al respecto, durante las pruebas, entre otros aspectos, debe evidenciarse que ningún elemento del dispositivo se incruste en el vehículo o que este permanezca en su posición original.

Finalmente, la trayectoria vehicular evalúa que, de forma posterior al impacto, el vehículo no siga una trayectoria que cause colisiones al interior de la vía con otros vehículos o que pueda haber choques con otros objetos.

En el anexo 4 se describen los criterios de aceptación que se evalúan en cada uno de los tres factores anteriormente mencionados.

Los ensayos establecidos en los estándares estadounidenses, al igual que en el estándar europeo, consisten en chocar vehículos (coches livianos, camionetas, camiones de unidad simple y semirremolques) contra el dispositivo a diferentes velocidades y ángulos de impacto. En el anexo 4 se describen los ensayos requeridos para las barreras longitudinales, transiciones, amortiguadores de impacto y terminales.

2.2.2.2.3 Control y vigilancia

La FHWA tiene la función de supervisar que la instalación de dispositivos de seguridad cumpla con lo establecido en los anteriores documentos desarrollados. Como se mencionó anteriormente, este procedimiento de supervisión requiere la aprobación de los dispositivos de seguridad bien sea por parte de FHWA o del DOT pertinente.

Por política de la FHWA las pruebas de impacto establecidas en los estándares NCHRP o MASH son obligatorias para el NHS, los cuales son realizados por agencias o laboratorios de ensayos especializados en la materia; no obstante, no se requiere la participación de un organismo certificador o de un tercero que valide las pruebas o realice control de producción.

En relación con el monitoreo de los dispositivos en servicio, la FHWA establece como política la realización de evaluaciones a los dispositivos de seguridad una vez estos han sido instalados en las vías con el fin de evaluar el rendimiento del dispositivo bajo las condiciones reales de operación, práctica que recomienda a los DOT. (U.S. Government Accountability Office, 2016).

Si en dichas evaluaciones se evidencian fallas en la seguridad que se consideran inaceptables o que el dispositivo que se comercializa es diferente al que se aprobó, la FHWA o la DOT puede modificar o revocar la aceptación del dispositivo (Federal Highway Administration, 1997).

En síntesis, los estándares estadounidenses incluyen los ensayos recomendados para evaluar el desempeño de sistemas de contención vehicular y servir de guía para determinar si son seguros para su instalación en las vías del país norteamericano. El documento más reciente en Estados Unidos es MASH 2016, el cual es de obligatorio cumplimiento para los nuevos ensayos realizados a partir del 2017.

En estos documentos se establecen condiciones de ensayos normalizadas, es decir que, en función de las condiciones de la vía, el comportamiento del dispositivo podría variar, no obstante, es posible obtener un nivel de confianza alto con dichas pruebas. Es importante precisar que estos ensayos no están diseñados para ser efectuados en vehículos pequeños como motocicletas.

Finalmente, a diferencia de las disposiciones europeas, en Estados Unidos no se requiere de un organismo certificador, de tal forma que la aceptación de los prototipos patentados o diseñados por los fabricantes recae en las entidades estatales de orden nacional (FHWA) o de orden estatal (DOT). Estas últimas entidades tienen la posibilidad de diseñar sus propios modelos de sistemas de contención vehicular los cuales son de libre uso al no estar patentados.

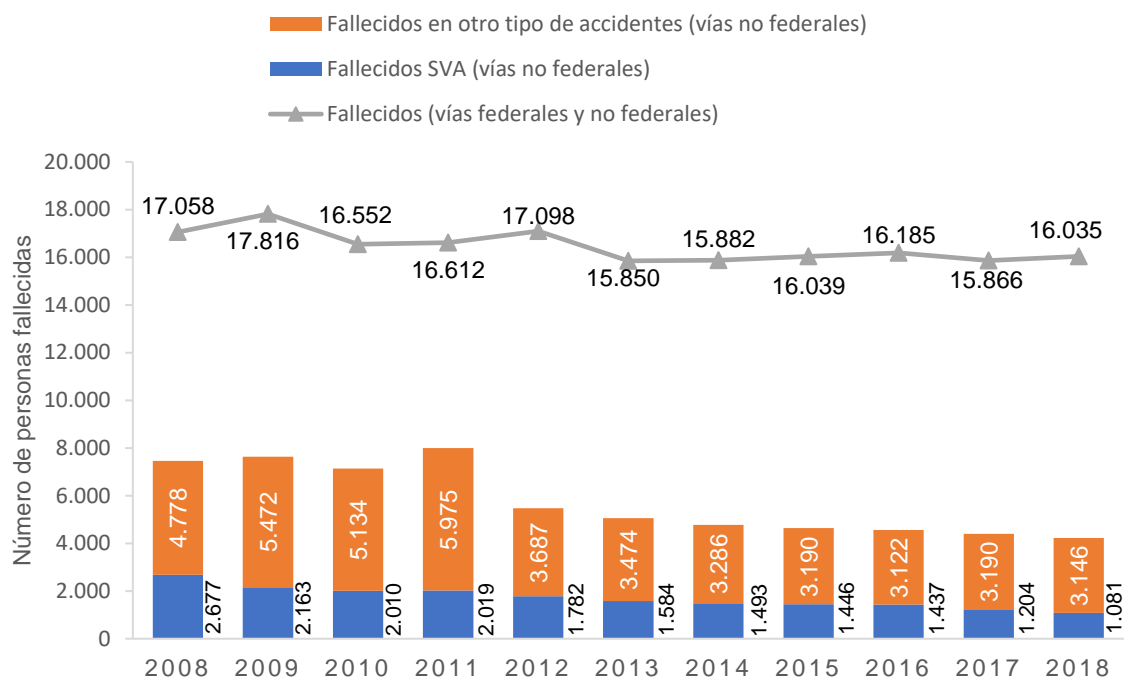
2.2.3 México

2.2.3.1 Contexto mexicano

De acuerdo con la Secretaría de Salud Mexicana, el comportamiento del número de personas fallecidas en accidentes de tránsito en México ha permanecido estable en los últimos cinco años (ver Ilustración 30). México, Según información del Instituto Nacional de Salud Pública, es el séptimo país en el mundo en el que más fallecen personas en siniestros viales, y el tercero en Latinoamérica.

De acuerdo con las cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), en promedio el 30 % de los fallecidos en accidentes de tránsito ocurridos en vías no federales perdieron la vida en SVA. Estos accidentes incluyen la colisión con objeto fijo (árboles, barreras de seguridad, entre otros), volcamiento, salida de vía y colisión con animales.

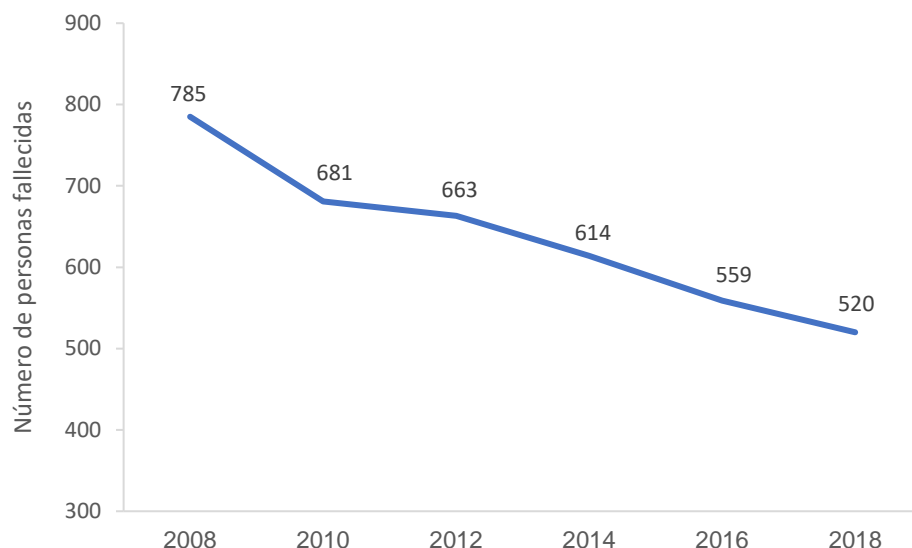
Ilustración 30. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito en México, y número de fallecidos en vías no federales y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en vías no federales



Fuente: ANSV, 2020 a partir de Secretaría de Salud de México y Observatorio del Decenio e Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México

Según cifras del INEGI, en el 2018, cerca del 12 % de las personas que perdieron la vida en accidentes de tránsito en vías no federales chocaron con un objeto fijo (**Ilustración 34**). De acuerdo con esta entidad, los objetos fijos que se consideraron en esta estadística corresponden a cualquier tipo de elemento que se encuentra sujeto o asentado al piso.

Ilustración 31. Número de personas fallecidas en choques con objetos fijos en vías no federales de México.



Fuente: ANSV, 2020 a partir de Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México

2.2.3.2 Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular en México

De acuerdo con lo establecido en la norma oficial mexicana¹⁵ NOM-037-SCT2-2012 «Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas», los sistemas de contención vehicular que pueden ser usados en la infraestructura vial mexicana son aquellos ensayados con los estándares definidos en el reporte NCHRP 350 o en el estándar MASH 2009 y que cumplen con los parámetros de comportamiento allí definidos. El cumplimiento de lo anterior debe ser certificado por un laboratorio acreditado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT).

Los resultados de los ensayos son remitidos a la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT quien emite un concepto en el cual manifiesta que el dispositivo puede ser usado en las carreteras de jurisdicción federal, estatal y municipal (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2020).

2.2.3.2.1 Control y vigilancia

De conformidad con las disposiciones contenidas en el numeral 11 de la norma oficial mexicana NOM-037-SCT2-2012 es responsabilidad de las unidades generales de servicios técnicos de los centros SCT y de las unidades de verificación autorizadas por la SCT realizar programas de inspección periódicos para comprobar que los sistemas de contención vehicular instalados en vías federales cumplan con las disposiciones de dicha norma.

¹⁵ «Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana». Gobierno de México. Normas oficiales mexicanas. 2015

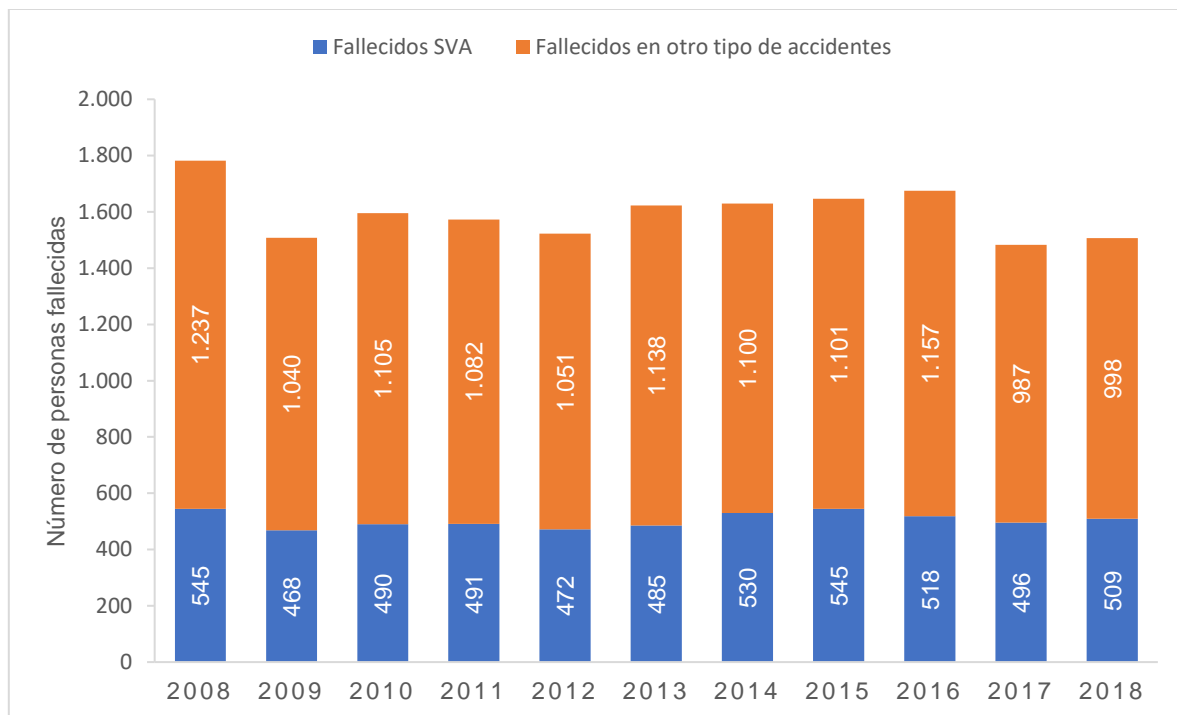
En relación con las vías estatales y municipales, las entidades encargadas de la administración de las vías deberán designar el personal para supervisar e inspeccionar los sistemas de contención vehicular en los corredores de su jurisdicción mediante programas de inspección periódica.

2.2.4 Chile

2.2.4.1 Contexto chileno

En los últimos 10 años, las cifras de fallecidos en accidentes de tránsito en Chile han presentado una tendencia general hacia la disminución en el número de vidas pérdidas en siniestros viales. En promedio, el 32 % de los fallecimientos han ocurrido en accidentes de un solo vehículo como se puede apreciar en la Ilustración 32.

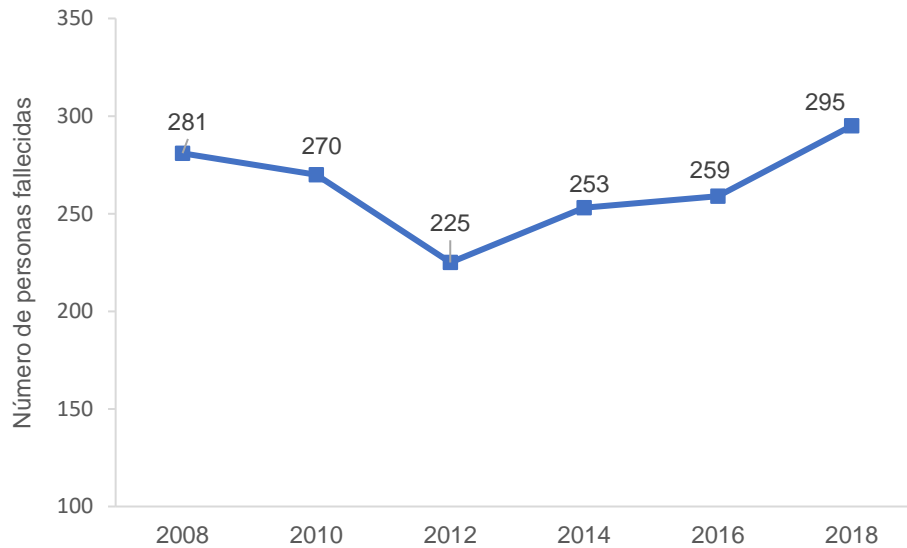
Ilustración 32. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito y en accidentes de un solo vehículo (SVA) en Chile



Fuente: ANSV, 2020 a partir de Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile

De acuerdo con las cifras de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile (Conaset), los choques con objetos fijos contribuyeron con aproximadamente el 20 % de personas que fallecieron en accidentes de tránsito en el 2018.

Ilustración 33. Número de personas fallecidas en choques con objetos fijos en Chile



2.2.4.2 Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular

El Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas de Chile establece que los sistemas de contención instalados en las vías chilenas deberán estar certificados de conformidad con los lineamientos establecidos en la norma EN 1317, informe NCHRP 350 u otra norma internacional de ensayos de impacto equivalente a las anteriores siempre que dicha norma haya sido reconocida por la Dirección de Vialidad.

La instalación de un sistema de contención vehicular requiere de la expedición previa del documento de aceptación formal denominado «Descripción y condicionantes de instalación», el cual es emitido por la Dirección de Vialidad y se considera un requisito para la instalación de modelos de sistemas de contención vehicular en las vías públicas de Chile. Para la emisión de este documento, la Dirección de Vialidad requiere, entre otros, los planos legibles del sistema, el manual de instalación en español y los informes y videos de los ensayos.

Por su parte, la evaluación de la conformidad de los sistemas de contención en Chile contempla la presencia de un organismo certificador durante la instalación del sistema para que este evalúe que el procedimiento, materiales y condiciones de instalación en la vía correspondan a lo indicado por el fabricante, así como a las condiciones utilizadas en los prototipos ensayados.

Una vez finalizada la instalación, el organismo certificador realizará inspecciones a una muestra determinada y posteriormente, procederá con la emisión del veredicto sobre la conformidad del lote inspeccionado en caso de proceder, emitirá el informe de conformidad respectivo. Este informe debe ser aprobado por la Dirección de Vialidad y es un requisito para el pago del ítem al contratista de obra.

Adicionalmente, en Chile se admite el uso de ciertas barreras que no requieren certificación y cuyo diseño está establecido en su Manual de Carreteras.

2.2.4.2.1 Control y vigilancia

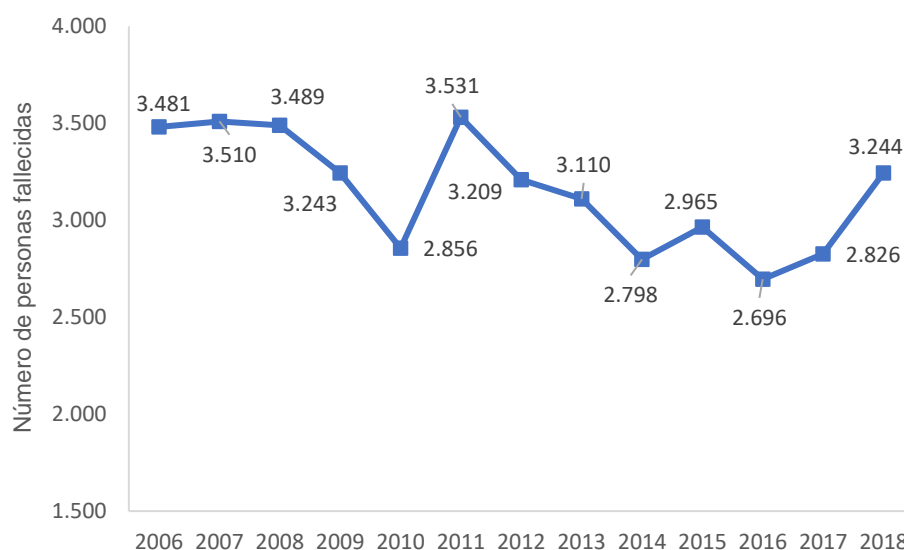
En la infraestructura vial chilena, particularmente en lo que respecta a los sistemas de contención vehicular, la responsabilidad de ejercer control y vigilancia sobre la calidad de las obras recae sobre el contratista, actividad que es complementada con controles realizados por parte de la Dirección de Viabilidad.

2.2.5 Perú

2.2.5.1 Contexto peruano

Hasta el año 2016, el número de fallecidos en accidentes de tránsito en Perú presentó una tendencia predominante hacia la disminución; no obstante, a partir de ese periodo las cifras empezaron a presentar un comportamiento de crecimiento como se puede observar en la Ilustración 34.

Ilustración 34. Número de personas fallecidas en accidentes de tránsito en Perú



Fuente: ANSV, 2020 a partir de Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú e Instituto Vial Iberoamericano

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú, en el año 2009 los accidentes de tránsito fatales en los cuales se involucró un solo vehículo (choque, volcamiento, caída de pasajero) representaron aproximadamente el 30 % del total de accidentes con fallecidos (Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú, 2009).

2.2.5.2 Evaluación del desempeño de sistema de contención vehicular

De conformidad con lo establecido en el Manual de Seguridad Vial de Perú, los sistemas de contención vehicular, diseñados por una entidad pública o por un fabricante, deberán ser ensayados en laboratorios acreditados de conformidad con las disposiciones y procedimientos de las normas EN 1317:2010, informe NCHRP 350 y MASH. En relación con este último estándar, si bien se admite la posibilidad de realizar ensayos a partir de sus recomendaciones, el Manual de Seguridad sugiere evaluar la pertinencia de su uso teniendo en cuenta que los vehículos de Perú tienen diferencias de tamaño y peso con los vehículos contemplados en MASH.

Los ensayos deben ser realizados en laboratorios certificados, quienes deben documentar los ensayos y producir los informes pertinentes. Por su parte, el contratista se encargará de estudiar dicha documentación para asegurar que el elemento cumpla con los requerimientos solicitados por el proyectista o administrador de la vía (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).

2.2.5.2.1 Vigilancia y control

De conformidad con lo indicado en el Manual de seguridad vial de Perú, la entidad responsable del corredor vial tiene la función de asegurar que el sistema de contención vehicular se instale de forma correcta y se repare cuando haya lugar a ello.

2.2.6 Síntesis de procedimientos de aceptación de sistemas de contención vehicular en diferentes países

Como síntesis de lo expuesto hasta el momento, es posible mencionar que Europa y Estados Unidos cuentan con estándares que permiten evaluar el desempeño del sistema, los cuales han servido de guía para algunos países latinoamericanos. Así mismo, cada país tiene un procedimiento para que un prototipo de sistema de contención sea instalado en su infraestructura vial y para el control posterior una vez este ha iniciado su servicio en la vía.

En la siguiente tabla se pueden observar los principales elementos descritos anteriormente relacionados con la aceptación de sistemas de contención vehicular en algunos países del mundo.

Tabla 2. Aceptación de sistemas de contención vehicular en diferentes países

País o región	Norma o documento de evaluación	Entidad encargada de la aceptación o certificación del dispositivo	Entidad encargada del control	Evaluación de SPM
Europa	EN 1317 TS 17342 (SPM) TR 16949 (peatones)	Organismo certificador	Autoridad de vigilancia del mercado de cada país	Sí (no obligatoria)
Estados Unidos	NCHRP 350 MASH	Estado (FHWA o DOT)	Estado (FHWA o DOT)	No
México	NCHRP 350 MASH	Estado (SCT)	Estado (SCT o administrador vial estatal o municipal)	No
Chile	EN 1317 NCHRP 350	Dirección de Vialidad ^(a) Organismo certificador ^(b)	Dirección de Vialidad	No
Perú	EN 1317 NCHRP 350 MASH (permitido bajo análisis de pertinencia)	Contratista y entidad administradora de la vía	Entidad administradora de la vía	No

^(a) Aceptación de los sistemas antes de instalación

^(b) Evalúa condiciones de instalación

Fuente: ANSV, 2020

2.2.7 Principales diferencias entre los estándares EN 1317:2010, NCHRP 350 y MASH para la evaluación de desempeño

Como se pudo evidenciar anteriormente, la norma EN 1317, el informe NCHRP 350 y el manual MASH son los estándares que en el ámbito internacional definen las condiciones para la realización de pruebas de impacto de vehículos contra sistemas de contención vehicular, así como los criterios para evaluar el desempeño de dichos dispositivos. A continuación, se presentan las principales diferencias entre las condiciones técnicas establecidas en cada uno de ellos.







- Tipos de vehículos

Como se puede apreciar en la Tabla 3, las masas de los vehículos que deben ser utilizados en las pruebas o ensayos de choque del estándar europeo difieren de los requeridos en los estándares estadounidenses. De forma general, los vehículos usados en el estándar EN 1317 tienen una masa menor que la de los vehículos requeridos en el estándar MASH.

Adicionalmente, el estándar incorporado en la norma EN 1317 contempla la categoría de autobús y de vehículo pesado no articulado.

Es importante reiterar que, a pesar de contemplar vehículos de 700 kg y 800 kg, el reporte NCHRP 350 desaconseja la realización de ensayos con estos vehículos.

Tabla 3. Masas de los vehículos y tolerancias según estándar (kg)

Norma	Liviano	Liviano	Camioneta	Camión	Autobús	Vehículos pesados		
								
EN 1317	900 +/- 40	1.300 +/- 65	1.500 +/- 75	10.000 +/- 300	13.000 +/- 400	16.000 ^(a) +/- 500	30.000 ^(a) +/- 900	38.000 ^(b) +/- 1.100
NCHRP 350	700 +/- 25	800 +/- 25	2.000 +/- 75	8.000 +/- 200	NA	NA	36.000 (V) +/- 500	36.000 (T) +/- 500
MASH	1.100 +/- 25	1.500 +/- 100	2.270 +/- 50	10.000 +/- 300	NA	NA	36.000 (V) +/- 500	36.000T +/- 500

(a): Vehículo pesado no articulado

(b): Vehículo pesado articulado

(V): Semirremolque caja

(T): Semirremolque tanque

Fuente: ANSV, 2020 a partir de EN 1317, MASH 2009 y MASH 2016

- Velocidades de impacto contra el sistema de contención vehicular

Con relación a las velocidades de impacto, los límites de la norma EN 1317 son superiores; no obstante, se recomienda analizar las condiciones de los ensayos contempladas para cada nivel de contención (ver anexo 5).

Tabla 4. Velocidades de los ensayos según estándar (km/h)

Dispositivo	EN 1317	NCHRP 350	MASH
Barreras de seguridad - transiciones	65 – 110	50 – 100	50 – 100
Amortiguadores de impacto y terminales	50 – 110 (amortiguadores) 80 – 110 (terminales)	50 – 100	50 – 100

Fuente: ANSV, 2020 a partir de EN 1317, MASH 2009 y MASH 2016

- **Parámetros de evaluación**

Los estándares de evaluación de desempeño analizados utilizan como parámetros de evaluación las velocidades y aceleraciones de los ocupantes. Al respecto, la norma armonizada EN 1317 incorpora los índices THIV y ASI, los cuales consideran para su cálculo los componentes X y Y de la velocidad y los componentes X, Y y Z de la aceleración, como se puede apreciar en las fórmulas de cálculo:

$$THIV = [V_x^2(T) + V_y^2(T)]^{0,5}$$

$$ASI = [(A_x / 12)^2 + (A_y / 9)^2 + (A_z / 10)^2]^{0,5}$$

Donde:

V_x , V_y : componentes de la velocidad

A_x , A_y , A_z : componentes de la aceleración

T: tiempo para el cual se determinaron las velocidades

Por su parte, el estándar estadounidense evalúa el riesgo de los ocupantes a partir de los índices denominados velocidad de impacto de los ocupantes (OIV, *Occupant impact velocities*) y desaceleración de los ocupantes (ORA, *Occupant ridedown acceleration*), los cuales para la velocidad consideran el componente de mayor valor y para la aceleración solo consideran el componente longitudinal (Burbridge, Naish, & Troutbeck).

$$V_{I_{x,y}} = \int_0^{t^*} a_{x,y} dt$$

- **Niveles de contención**

Los niveles de contención indican la capacidad del sistema para contener determinados vehículos bajo ciertas condiciones de choque. Al respecto, cada uno de los estándares analizados considera diferentes niveles de contención, no equiparables entre ellos (ver Ilustración 35).

Ilustración 35. Niveles de contención para barreras de seguridad según EN 1317 y MASH 2016



Fuente: ANSV, 2020 a partir de EN 1317 y MASH 2016

De acuerdo con la anterior ilustración, un sistema de contención vehicular con nivel de contención H4b (estándar EN 1317) indica que el dispositivo tuvo la capacidad de contener un vehículo de 38.000 kg a una velocidad de impacto de 65 km/h, así como a un vehículo de 900 kg cuyo impacto se dio a 100 km/h. Por su parte, un sistema de contención vehicular

con nivel de contención 5 (estándar MASH) fue ensayado con satisfacción para un vehículo de 36.000 kg impactando el dispositivo a una velocidad de 80 km/h y para dos vehículos de 2.270 y 1.100 kg a una velocidad de 100 km/h.

En el anexo 3 y anexo 4 se pueden apreciar los niveles de contención y sus respectivas condiciones de ensayo para los amortiguadores de impacto y terminales para cada uno de los estándares internacionales analizadas en este documento.

Finalmente, la versión 2016 de MASH incorpora dos matrices de ensayo adicionales a las contenidas en su versión anterior de aplicación específica para las barreras de cable, mientras que la norma EN 1317 no presenta ensayos específicos para este tipo de barreras.

2.2.8 Impacto de la instalación de sistemas de contención vehicular seguros en el contexto internacional

Diversos estudios e investigaciones permiten soportar el planteamiento expuesto en el marco conceptual del presente documento, en relación con la importancia de instalar sistemas de contención vehicular que favorezcan la contención segura de los vehículos que pierden el control y no constituyan un elemento de riesgo mayor para los usuarios de la vía.

Al respecto, de acuerdo con la Comisión de Accidentes de Transporte de Victoria (Australia), en el 2019 se presentaron en dicho Estado cerca de 3.200 choques contra las barreras de seguridad vial sin usuarios fallecidos en dichos eventos. Así mismo, esta entidad señala que las barreras de seguridad vial pueden reducir hasta el 85 % de probabilidad de accidentes por salida de vía (Transport Accident Commission, 2019).

Por su parte, otros estudios en Europa han dado cuenta de la efectividad de implementar sistemas de contención vehicular seguros. Así, en el estado de Hesse (Alemania) fue posible identificar que la instalación de estos dispositivos en dos puntos de alta accidentalidad en sus vías dio como resultado la reducción de accidentes con usuarios lesionados en un 65 % y 91 % (European Union Road Federation).

En este sentido, la Federación de Carreteras de la Unión Europea considera que las soluciones de seguridad pasiva en las vías (dentro de las cuales se encuentra la instalación de sistemas de contención vehicular seguros) representa una de las opciones más rentables para los estados, por lo cual reitera la recomendación de remplazar los sistemas de contención existentes en las vías europeas por dispositivos que cumplan con las disposiciones de la norma EN 1317 (European Union Road Federation).

En línea con lo anterior, esta Federación reitera la efectividad de los sistemas de contención en la reducción de accidentes con base en información tomada por el Observatorio Nacional Interministerial de Seguridad Vial de Francia. Al respecto, la Federación concluyó que el número de muertes generadas por choques con objetos fijos fue menor cuando estos objetos correspondían a barreras de seguridad vial (ver Tabla 5).

Tabla 5. Accidentes contra objetos fijos en Francia, 2009.

Objeto	Número de vehículos involucrados en choques contra objetos fijos	Personas fallecidas		Fatalidades por cada 100 vehículos involucrados en choques contra objetos fijos
		Número	Porcentaje (%)	
Mobiliario urbano	740	52	3,1	7,0
Barreras de seguridad	2.811	185	11,0	6,6
Postes	1.302	202	12,0	15,5
Obstáculos urbanos (vehículos estacionados, elementos de tránsito calmado, entre otros)	5.156	208	12,2	4,0
Paredes, columnas de puentes.	1.533	212	12,6	13,8
Zanjas, pendientes, caminos rocosos	2.249	316	18,7	14,1
Árboles	1.830	513	30,4	28,0

Fuente: ANSV, 2020 a partir de Federación de Carreteras de la Unión Europea

En Estados Unidos, la Asociación Americana de Servicios de Seguridad Vial ha indicado que mejorar los sistemas de contención vehicular es una de las medidas más efectivas para mitigar impactos de accidentes por salida de vía. En este sentido, ha señalado que la correcta instalación de estos dispositivos podría reducir las lesiones graves y fatales entre un 16 % y un 46 %. A modo de ejemplo, señala esta entidad que las barreras de seguridad de cables podrían salvar cerca de 13 vidas y prevenir cerca de 51 usuarios lesionados por año (American Traffic Safety Services Association, 2019).

Ilustración 36. Impacto positivo de la instalación de sistemas de contención vehicular seguros

<p>Barreras de seguridad laterales pueden reducir lesiones graves y fatales en accidentes por salida de vía en un</p> <p>26 %</p>	<p>Barreras de seguridad en medianas pueden reducir lesiones graves en accidentes por salida de vía en un</p> <p>81 %</p>
---	---

Fuente: ANSV, 2020 a partir de American Traffic Safety Services Association

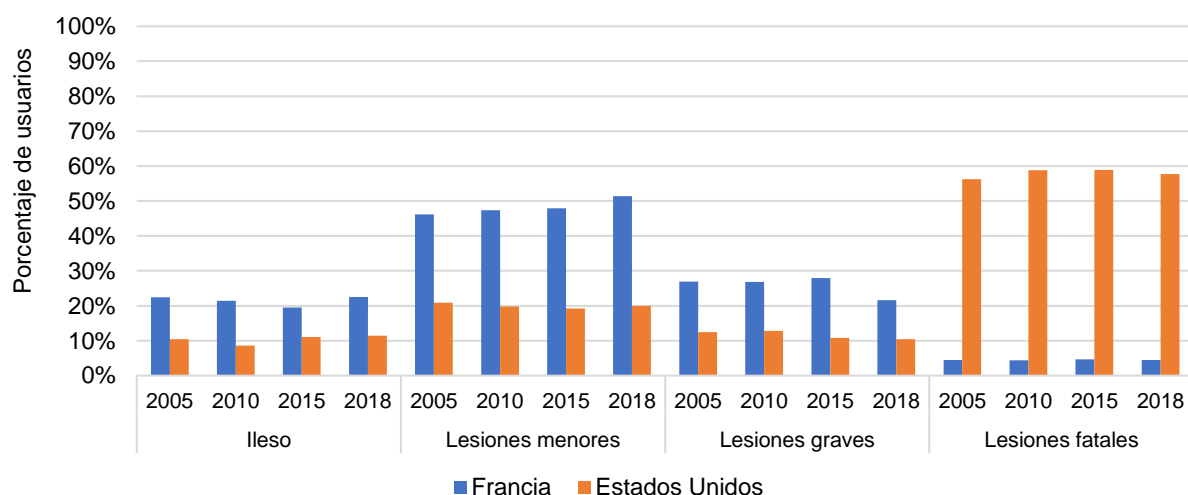
En relación con los amortiguadores de impacto, señala Mario Leiderman en la investigación denominada «Los amortiguadores de impacto en las carreteras» que la idea de ensayar los prototipos de este tipo de sistema de contención antes de su instalación ha permitido salvar más de 25.000 vidas humanas y evitar cientos de miles de heridos en los últimos 30 años.

Así las cosas, de acuerdo con los estudios internacionales expuestos con anterioridad, es posible plantear que la instalación de sistemas de contención vehicular seguros tiene una incidencia positiva en la protección de los usuarios de las vías. Al respecto, el Consejo de Investigación de Transporte de Virginia ha señalado que las barreras de seguridad representan un riesgo en sí mismo, por lo que es importante que su seguridad esté garantizada con estudios de ingeniería (Virginia Transportation Research Council, 2015).

De forma particular, la experiencia francesa permite vislumbrar la importancia de instalar sistemas de contención vehicular que protejan la vida de los usuarios de la vía. Al analizar el comportamiento de los choques contra estos dispositivos en Francia, es posible observar que cerca del 70 % de las personas involucradas en dichos accidentes no vieron afectada su salud o integridad con ocasión del choque, el 26 % presentaron heridas graves y el 4 % perdió la vida (ver Ilustración 37) (Ministerio del Interior de Francia, 2018).

Similar análisis fue realizado en los choques contra sistemas de contención vehicular ocurridos en Estados Unidos, en el cual se encontró que para el año 2018, cerca del 31 % de los usuarios involucrados en estos choques no presentaron lesiones o de presentarlas, fueron catalogadas como leves. Por el contrario, el 10 % presentaron heridas con incapacidad y el 58 % perdieron la vida (National Highway Traffic Safety Administration, 2018) (ver Ilustración 37).

Ilustración 37. Porcentaje de usuarios lesionados después de choques con sistemas de contención vehicular (Francia y Estados Unidos).



Fuente: ANSV, 2020 a partir de (Ministerio del Interior de Francia, 2018) y (National Highway Traffic Safety Administration, 2018)

En relación con los anteriores resultados, es pertinente señalar que, en atención a las cifras de mortalidad en Estados Unidos asociadas a choques con sistemas de contención vehicular, la Oficina de Control del Gobierno (GAO, *Government Accountability Office*) realizó un estudio con el fin de evaluar la supervisión a los sistemas de contención, el proceso de las pruebas de choque y la supervisión a estos.

Al respecto, se menciona en el estudio lo siguiente:

- De acuerdo con la política de la FHWA, todos los modelos de dispositivos de seguridad vial instalados en el NHS deben someterse a pruebas o ensayos de choque; sin

embargo, dado que no existe un requerimiento legal para realizar estas pruebas, la FHWA desarrolla actividades para fomentar que los estados den cumplimiento a los estándares de desempeño.

- Algunos estados no tienen políticas estrictas para la implementación de los estándares de evaluación de desempeño de sistemas de contención vehicular.
- Algunos estados no exigen a los fabricantes que informen la realización de modificaciones al sistema de contención ensayado.
- Las pruebas de choque son exhaustivas; no obstante, el proceso de supervisión y de independencia presenta debilidades. Al respecto, algunos laboratorios han ensayado sistemas de contención que fueron desarrollados por sus casas matrices.
- En algunos casos, los laboratorios utilizan su criterio para determinar qué ensayos deben ser realizados.
- La FHWA no requiere certificación por parte de terceros (p. ej. organismo notificado) y carece de medidas para mitigar la independencia.
- No se realizan de forma eficiente evaluaciones a los sistemas de contención una vez estos han sido instalados en las vías.

De acuerdo con GAO, la alta proporción de personas fallecidas por accidentes contra sistemas de contención vehicular podría reducirse con la implementación de acciones encaminadas a que todos los prototipos de estos sistemas sean ensayados a partir de los estándares de evaluación de desempeño, que dichos ensayos sean realizados y aprobados con total independencia y se realice un seguimiento al desempeño de los dispositivos una vez puestos en servicio.

Finalmente, es importante señalar que, en relación con el impacto de los sistemas de contención vehicular en los usuarios de motocicleta, el panorama es desfavorable para estos usuarios; si bien, la Unión Europea dispone de la especificación técnica europea TS 17342 y España cuenta con el estándar obligatorio EN 135900:2017(ver capítulo 2.2.1.2.2), los sistemas de contención vehicular usualmente no incorporan elementos para la protección de los motociclistas.

Así las cosas, de acuerdo con el Programa Europeo de Evaluación de Carreteras, los motociclistas son 15 veces más propensos a morir en un choque contra una barrera de seguridad que los ocupantes de un automóvil. Estos impactos resultan graves para los usuarios de motos teniendo en cuenta que los choques con barreras de seguridad suelen producir lesiones en las extremidades inferiores, columna vertebral, cabeza y tórax (European Road Assessment Programme, 2008).

Según cifras indicadas por este programa, en el periodo comprendido entre 2000 y 2005, el número de usuarios de carros fallecidos en choques contra barreras de seguridad disminuyó en un 31 %, pero el número de motociclistas fallecidos en estos choques aumentó 73 %. Adicionalmente, se ha estimado que 1 de cada 8 motociclistas que golpean una barrera de seguridad vial fallecen, riesgo 80 veces superior al de usuarios de automóviles (European Road Assessment Programme, 2008).

Sumado a lo anterior, se ha identificado que el choque de una motocicleta con una barrera de seguridad que no contemple elementos pensados para la protección de estos usuarios puede ser más peligroso que el impacto de una motocicleta contra el suelo (Margiotta, Bacci, Carnevalli, & Gabbrielli, 2015).

Lo anterior, refleja la importancia de considerar a los usuarios de las motocicletas en los diseños de los sistemas de contención, aspecto que excede el alcance del presente documento, y a su vez, por todo lo expuesto, permite entrever que los dispositivos que se instalen para la protección de motociclistas deben ser igualmente seguros para estos usuarios.

Hasta este punto, se ha realizado una exposición del contexto internacional en materia de evaluación de desempeño de los sistemas de contención, lo que ha permitido analizar las diferentes disposiciones con que cuentan algunos países para obtener un grado de confianza frente a los dispositivos de seguridad vial que se instalan en las vías. A continuación, se detallan los antecedentes que en Colombia existen en torno a este tema.

2.3 Antecedentes nacionales

2.3.1 Contexto colombiano

De conformidad con lo expuesto en el capítulo 2.1, los sistemas de contención vehicular permiten que, ante una eventual pérdida de control y existencia de peligros, los vehículos choquen con dispositivos seguros de tal forma que se minimice la ocurrencia de lesiones graves o fatales. No obstante, de acuerdo con información recopilada en mesas técnicas desarrolladas por la ANSV con profesionales y expertos en la materia, la infraestructura vial del país cuenta con sistemas de contención que representan un riesgo para los usuarios, al no presentar las condiciones adecuadas para la contención o redireccionamiento.

Ejemplo de lo anterior, es la instalación de dispositivos que no cuentan con la separación adecuada de postes o cuyos tratamientos en sus puntos de inicio o fin son inseguros (Fernández, 2011) (Ver Ilustración 38). Este tipo de situaciones pueden derivar en accidentes con consecuencias graves como los presentados en algunas vías colombianas (ver Ilustración 39).

Ilustración 38. Ejemplos de sistemas de contención vehicular en Colombia



Fuente: (Fernández, 2011)

Ilustración 39. Deficiencias en sistemas de contención vehicular instalados en Colombia



Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura

Si bien, en la actualidad Colombia dispone de algunas hipótesis e información permita identificar las causas probables de accidentes de tránsito, la cuantificación del número de usuarios afectados por choques con sistemas de contención vehicular aún es compleja. Sin embargo, las cifras del ONSV permiten delimitar el problema a partir de la caracterización de algunos tipos de accidentes viales.

Al respecto, la matriz de colisión del año 2019 evidencia que en este periodo fallecieron 457 personas y 236 sufrieron lesiones por cuenta de choques de vehículos con objetos fijos (ver Tabla 6). Dichos objetos pueden corresponder a barreras de seguridad, pretilas, árboles, postes, inmuebles, entre otros.

Tabla 6. Usuarios lesionados o fallecidos por choque con objeto fijo, 2019.

Usuario de la vía	Lesionados	Fallecidos
Peatón	0	0
Usuario de bicicleta	7	12
Usuario de moto	81	370
Usuario de vehículo individual (automóvil, camioneta, campero)	74	56

Usuario de la vía	Lesionados	Fallecidos
Usuario de transporte de carga	9	12
Usuario de transporte público de pasajeros	61	5
Otros	2	2
Sin información	2	0
Total	236	457

Fuente: ANSV, 2020 con base en datos de ONSV

A continuación, se exponen las herramientas con las cuales cuenta el país para reducir o mitigar las afectaciones a los usuarios de las vías por cuenta de los choques con sistemas de contención vehicular.

2.3.2 Sistemas de contención vehicular en Colombia

En la actualidad, Colombia no cuenta con disposiciones normativas o reglamentos técnicos que contemplen procedimientos para evaluar el desempeño y la conformidad de sistemas de contención vehicular. No obstante, se dispone de algunos documentos relacionados como se expone en la Tabla 7.

Tabla 7. Documentos nacionales relacionados con sistemas de contención vehicular

Tipo de Reglamento / norma técnica	Reglamento / norma técnica	Nombre	Entidad	Observación
Norma técnica de desempeño	NTC 6037	Sistemas de contención para carreteras	Icontec	Adopción idéntica de norma EN 1317. No obligatoria
Norma técnica de desempeño	END 095	Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de dispositivos viales	Icontec	Adopción idéntica de informe NCHRP 350. No obligatoria
Especificaciones técnicas de construcción	Resolución 1376 de 2014	Especificaciones generales de construcción para carreteras	Invías	Establece requisitos y procedimientos de ejecución para el recibo de las obras en la red nacional de carreteras. No contiene lineamientos para la evaluación de desempeño de sistemas de contención vehicular.

Fuente: ANSV, 2020

Al respecto, en el año 2013, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) realizó la adopción idéntica de la norma armonizada europea EN:1317-2010 (explicada en el capítulo 2.2.1.2) a través de la Norma técnica colombiana NTC 6037: Sistemas de contención para carreteras.

Posteriormente, en el año 2018, esta misma entidad adoptó de forma idéntica los lineamientos contenidos en el informe NCHRP 350 (explicada en el capítulo 2.2.2.2), a través de la Especificación Normativa Disponible END 095: Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de dispositivos viales.

Si bien, Icontec avanzó con la adopción de dichos documentos, es de precisar que la norma NTC 6037 y END 095 no son obligatorias por cuanto el deber de su cumplimiento no ha sido asignado a fabricantes, importadores o distribuidores de sistemas de contención a través de actos administrativos emitidos por el Gobierno nacional.

Por su parte, el Instituto Nacional de Vías (Invías), a través de la resolución 1376 de 2014, adoptó el documento denominado «Especificaciones generales de construcción para carreteras» como norma técnica de construcción para los proyectos de la red vial nacional. Estas especificaciones, en sus artículos 730 y 731, contienen las características técnicas que deben cumplir las defensas metálicas y de concreto respectivamente y no cuentan con lineamientos para la evaluación del desempeño de los sistemas de contención vehicular.

Si bien, el país no cuenta con un reglamento técnico que especifique procedimientos para evaluar el desempeño de sistemas de contención vehicular, es importante reiterar lo relacionado con las disposiciones nacionales en materia de evaluación de la conformidad contenidas en el Decreto 1595 de 2015 *“por el cual se dictan normas relativas al Subsistema Nacional de la Calidad y se modifica el Capítulo VII y la Sección 1 del Capítulo VIII del Título I de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo, Decreto número 1074 de 2015, y se dictan otras disposiciones”*.

Al respecto, la evaluación de la conformidad se define como la demostración de los requisitos especificados relativos a un producto, proceso, sistema, persona u organismo e incluye actividades tales como el ensayo/prueba, la inspección y la certificación, así como la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.

Los documentos soporte para la expedición de certificados de conformidad con reglamentos técnicos, deberán contener por lo menos: evidencias objetivas de la verificación de todos los requisitos exigidos por el reglamento técnico, con los registros documentales correspondientes, los métodos de ensayo, el plan de muestreo, los resultados de la evaluación, la identificación de los productos o las categorías de producto, la vigencia y el esquema de certificación utilizado, de acuerdo con la NTC ISO/IEC 17067 o la que la reemplace.

En aquellos casos en que se trate de productos importados sujetos a reglamentos técnicos nacionales, los importadores deberán obtener el correspondiente certificado de conformidad, utilizando alguna de las siguientes alternativas:

1. Que sea expedido por un organismo de certificación acreditado ante el organismo nacional de acreditación y que el alcance de la acreditación incluya el producto y el reglamento técnico.
2. Que sea expedido por un organismo de certificación extranjero, acreditado por un organismo de acreditación reconocido en el marco de los acuerdos de reconocimiento multilateral de los que haga parte el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, siempre y cuando el país emisor acepte los certificados colombianos para productos nacionales.
3. Que sea expedido por un organismo de certificación acreditado por un organismo de acreditación reconocido en el marco de un acuerdo de reconocimiento multilateral del que no haga parte el organismo nacional de acreditación. Estos certificados de conformidad podrán ser reconocidos, previa evaluación, por organismos de certificación acreditados en Colombia, en cuyo alcance se incluya el producto y el reglamento técnico. El organismo de certificación acreditado en Colombia deberá verificar el alcance de la acreditación y podrá

declarar la conformidad con los requisitos especificados en el correspondiente reglamento técnico colombiano y los que se acepten como equivalentes.

4. Que sea expedido en el marco de un Acuerdo de Reconocimiento Mutuo, celebrado entre Colombia y otro país, que se encuentre vigente.

Obtenido el certificado de conformidad, el importador deberá adjuntarlo a la licencia o registro de importación al momento de su presentación en la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE). En cuanto a la realización de ensayos en laboratorios, para la expedición de los certificados de conformidad de Reglamentos Técnicos se realizarán en laboratorios acreditados por organismos de acreditación que hagan parte de los acuerdos de reconocimiento multilateral suscritos por el organismo nacional de acreditación.

En relación con la realización de ensayos, cuando no exista en Colombia laboratorio acreditado para la realización de los ensayos requeridos para el cumplimiento del reglamento técnico aplicable, tales ensayos se podrán realizar en laboratorios evaluados previamente por los organismos de certificación de producto o los de inspección, según sea el caso, bajo la Norma NTC- ISO/IEC 17025. El organismo de certificación de producto o el de inspección, según corresponda, solo podrá utilizar estos laboratorios hasta que se acredite el primer laboratorio en Colombia o hasta un año después de que dicho laboratorio haya sido definido por el organismo de certificación o de inspección.

2.3.3 Vigilancia y control

De acuerdo con lo expuesto en el capítulo 2.3.2, Colombia no cuenta con reglamentos técnicos que establezcan los mecanismos para evaluar el desempeño de los sistemas de contención vehicular y como tal, no existe una designación de funciones de vigilancia y control asociados a esta materia.

No obstante, la Superintendencia de Industria y Comercio, así como la Superintendencia de Transporte cuentan con facultades que les han sido asignadas por ley y que resultan de importante consideración en el presente análisis de impacto normativo.

Al respecto, la Superintendencia de Industria y Comercio deberá adelantar las investigaciones administrativas pertinentes en contra de los organismos evaluadores de la conformidad, respecto del cumplimiento de los requisitos dentro del marco del certificado de conformidad o del documento de evaluación de la conformidad que estos hayan expedido frente a los reglamentos o normas técnicas ligadas a compras públicas.

Igualmente deberá adelantar las investigaciones administrativas pertinentes en contra de los organismos de verificación metrológica; los reparadores autorizados que incumplan sus deberes en relación con su función; los productores, importadores, comercializadores y los responsables de los productos o instrumentos de medición, por el incumplimiento de sus obligaciones establecidas en los reglamentos técnicos correspondientes.

Asimismo, la Superintendencia de Industria y Comercio, en ejercicio de las facultades otorgadas por la Ley 1480 de 2011, podrá adelantar investigaciones en contra de quienes en el proceso de importación o comercialización de productos sujetos a reglamentos técnicos o normas técnicas ligadas a compras públicas presenten certificados de conformidad, declaraciones de conformidad o resultados de pruebas de laboratorios respecto de los cuales exista sospecha de falsedad o adulteración, y como consecuencia de dichas investigaciones se podrá imponer las sanciones establecidas en el artículo 61 de la Ley 1480 de 2011.

Por su parte, dentro de las funciones de la Superintendencia de Transporte asignadas a partir del Decreto 2409 de 2018 «Por el cual se modifica y renueva la estructura de la Superintendencia de Transporte y se dictan otras disposiciones» se encuentran las siguientes:

- Artículo 4. Objeto: La Superintendencia de Transporte ejercerá las funciones de vigilancia, inspección, y control que le corresponden al presidente de la República como suprema autoridad administrativa en materia de tránsito, transporte y su infraestructura (...)
- Artículo 5. Funciones de la Superintendencia de Transporte.
(...)

3. Vigilar, inspeccionar y controlar el cumplimiento de las disposiciones que regulan la debida prestación del servicio público de transporte, puertos, concesiones e infraestructura, servicios conexos, y la protección de los usuarios del sector transporte, salvo norma especial en la materia.

8. Adelantar y decidir las investigaciones administrativas a que haya lugar por las fallas en la debida prestación del servicio público de transporte, puertos, concesiones e infraestructura, servicios conexos, y o en la protección de los usuarios del sector transporte, de acuerdo con la normativa vigente.

De forma adicional, el mencionado Decreto asigna como funciones del Despacho del Superintendente Delegado para la Protección de Usuarios del Sector Transporte las siguientes:

- ARTÍCULO 12. Funciones del Despacho del Superintendente Delegado para la Protección de Usuarios del Sector Transporte (...)

3. Dirigir y orientar el ejercicio de las funciones de vigilancia, inspección y control del cumplimiento de las normas de protección.

4. Imponer, de acuerdo con el procedimiento aplicable, las medidas y sanciones que correspondan de acuerdo con la ley, como consecuencia de la infracción de las normas relacionadas con las normas de protección a usuarios del sector transporte.

- ARTÍCULO 13. Funciones de la Dirección de Investigaciones de Protección a Usuarios del Sector Transporte (...)

1. Ejercer la labor de inspección y vigilancia en relación con el cumplimiento de las normas de protección al usuario del sector transporte.

2.4 Mercado global de sistemas de contención vehicular

El informe de mercado realizado por Allied Market Research caracteriza el comportamiento de diversos tipos de barreras, entre las cuales se encuentran los sistemas de contención vehicular, bolardos, talanqueras y torniquetes (Chinchane & Sumant, 2020).

De acuerdo con este informe, en el 2019 los sistemas de contención vehicular representaron un 53 % del total de los ingresos generados por el mercado total de barreras.

Así mismo, se evidenció que Europa concentra cerca del 42 % de la participación del mercado de barreras en el mundo.

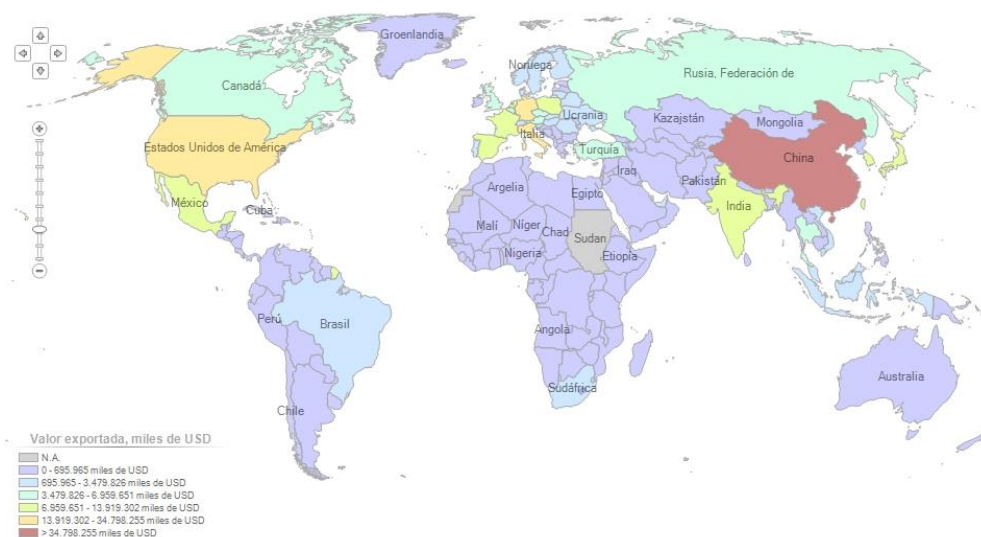
Tabla 8. Ingresos en 2019 del mercado de barreras

Tipos de barrera	Ingresos en 2019 (Millones de dólares)	% Participación
Barreras de Protección (Cercamientos)	\$ 4.380, 5	22,9%
Bolardos	\$ 1.242,9	6,5%
Barreras vehiculares / Talanqueras	\$ 853,9	4,5%
Sistemas de contención vehicular	\$ 10.244,6	53,5%
Barreras de acceso peatonal / Torniquetes	\$ 1.183,5	6,2%
Otros	\$ 1.244,5	6,5%

Fuente: ANSV, 2020 a partir de (Chinchane & Sumant, 2020)

En relación con los principales materiales utilizados en las barreras analizadas, el citado informe señala que el material predominante corresponde al metal. Al respecto, de acuerdo con información de la página web *Trade Map* es pertinente señalar las dinámicas de exportación relacionadas con las manufacturas de fundición de hierro o acero, las cuales, como se aprecia en la siguiente ilustración, son lideradas por China, seguidos por Estados Unidos e Italia. Colombia se encuentra situado en el nivel más bajo de exportadores de estas manufacturas con valores que oscilaron entre 0 y 700 millones de dólares anuales (ver Ilustración 40).

Ilustración 40. Países exportadores de manufacturas de fundición de hierro o acero en 2019

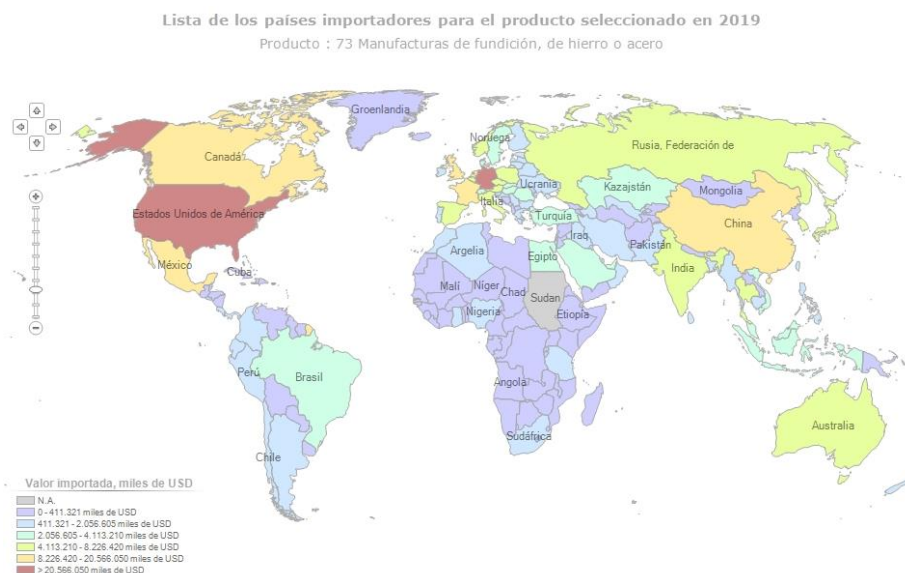


Fuente: Trademap.org

En relación con la importación, en el año 2019 Estados Unidos y Alemania fueron los principales consumidores de estos productos con importaciones superiores a los 20 billones de dólares, seguidos de países como Canadá, México, China o Alemania con valores que

oscilaron entre los 8 y los 20 billones de dólares. Para el caso de Colombia, en 2019 las importaciones estuvieron en un nivel que osciló entre los 400 millones de dólares y los 2 billones de dólares (ver Ilustración 41).

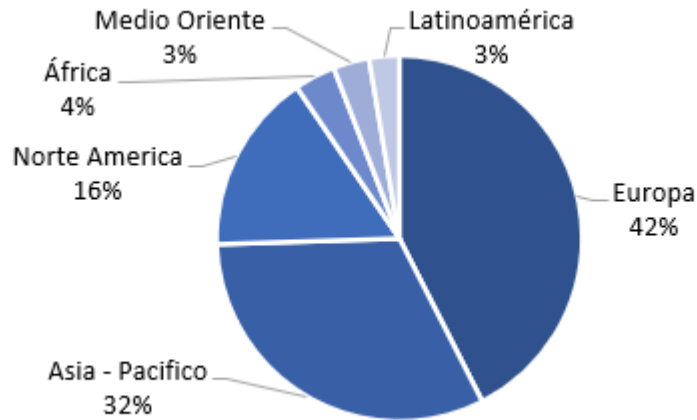
Ilustración 41. Países importadores de manufacturas de fundición de hierro o acero en 2019



Fuente: Trademap.org

En la Ilustración 42 se puede observar la participación de mercado en barreras de contención según diferentes zonas geográficas del planeta. Para 2019 Europa logró concentrar el 42 % de los ingresos mundiales de barreras de contención, seguido por la zona Asia – Pacífico con 32 %.

Ilustración 42. Participación en el mercado de barreras de contención a nivel mundial por zona geográfica



Fuente: (Chinchane & Sumant, 2020)

Este mismo informe señala que el 55 % de las barreras tiene como destino la infraestructura vial, seguido por los aeropuertos (24 %), los ferrocarriles (16 %) y otros (5 %) y en su mayoría (64 %) las barreras están elaboradas a partir de materiales metálicos, particularmente el acero.

Como se pudo observar en la Tabla 8, los sistemas de contención vehicular generaron en el 2019, ingresos superiores a los 10 mil millones de dólares; no obstante, se espera que para el 2027 esta cifra ascienda a los 14 mil millones de dólares tal y como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 9. Ingresos 2019 y proyecciones a 2027 (Millones de dólares) para sistemas de contención vehicular

Zona	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Norte América	1.623	1.679	1.739	1.803	1.872	1.945	2.023	2.107	2.197
Europa	4.349	4.471	4.600	4.738	4.885	5.041	5.208	5.385	5.575
Asia-Pacífico	3.288	3.450	3.623	3.808	4.007	4.220	4.449	4.695	4.959
LAMEA ¹⁶	985	1.026	1.069	1.115	1.165	1.218	1.275	1.336	1.401
Total	10.245	10.625	11.031	11.464	11.928	12.424	12.955	13.523	14.131

Fuente: ANSV, 2020 a partir de (Chinchane & Sumant, 2020)

Respecto a las unidades comercializadas de sistemas de contención vehicular a 2019 se reportaron 16,4 millones de unidades vendidas a nivel mundial. Europa aportó el 42 % de las unidades con 6,9 millones en 2019; seguido por la región Asia – Pacífico con una participación del 32 % representada en 5,3 millones de unidades vendidas.

Las perspectivas a 2027 indican que la tasa media de crecimiento anual de unidades vendidas será de 6,4 % anual para el total del mercado. Al revisar las previsiones por zona geográfica (Chinchane & Sumant, 2020) indica que la tasa media de crecimiento anual para Asia – Pacífico será de 8,2 %, seguida por la de la región LAMEA con 6,1 % anual.

¹⁶ LAMEA: Latinoamérica, Medio Oriente y África.

Tabla 10. Mercado de sistemas de contención vehicular. Ingresos 2019 y proyecciones a 2027 (Miles de Unidades)

Zona	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Norte América	2.616	2.751	2.896	3.051	3.217	3.396	3.587	3.793	4.015
Europa	6.904	7.242	7.602	7.987	8.398	8.838	9.309	9.814	10.355
Asia-Pacífico	5.334	5.758	6.219	6.722	7.27	7.867	852	9.234	10.015
LAMEA	1.634	1.727	1.827	1.935	2.051	2.176	2.311	2.457	2.614
Total	16.489	17.478	18.545	19.695	20.936	22.278	23.728	25.298	26.998

Fuente: (Chinchane & Sumant, 2020)

En relación con el tipo de sistema de contención, se observa que los amortiguadores de impacto generaron un valor cercano a los 3.100 millones de dólares y los terminales 3.000 millones de dólares lo cual representa el 30 % y 29 % de participación en el mercado respectivamente. De igual manera, se proyecta que el crecimiento medio anual del mercado para amortiguadores de impacto y terminales sea de 4 % y 3,3 % respectivamente hasta 2027.

Tabla 11. Mercado de sistemas de contención vehicular por tipo de sistemas de contención vehicular (Millones de dólares)

Tipo de SCV	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Amortiguadores de Impacto	3.092	3.203	3.321	3.447	3.582	3.726	3.881	4.046	4.222
Terminales	3.015	3.102	3.195	3.294	3.400	3.512	3.632	3.760	3.896
Maletines (Para rellenar con agua o arena)	3.711	3.876	4.053	4.243	4.446	4.663	4.896	5.146	5.415
Otros¹⁷	427	444	462	481	501	523	546	571	598
Total	10.245	10.625	11.031	11.464	11.928	12.424	12.955	13.523	14.131

Fuente: ANSV, 2020 a partir de (Chinchane & Sumant, 2020)

En términos generales las previsiones de mercado para los sistemas de contención vehicular son positivas y muestran oportunidades de crecimiento y expansión para los diferentes segmentos. Como lo mencionan (Chinchane & Sumant, 2020), esta situación se puede explicar en mayor medida por el crecimiento del parque automotor, el crecimiento en construcción de vías y la adopción de mejores estándares de seguridad a nivel mundial.

¹⁷ Comprende barreras de puentes, barreras para parqueaderos de vehículos y barreras peatonales.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La instalación de sistemas de contención vehicular en la infraestructura vial es una medida que en algunas ocasiones resulta necesaria para evitar o mitigar impactos en los usuarios ante la ocurrencia de algunos tipos de accidentes viales (p. ej. SVA y colisiones frontales). Con este fin, el desempeño de estos dispositivos debe permitir la contención segura de los vehículos, de tal forma que la vida y salud de los ocupantes del vehículo y demás usuarios de la vía no resulte comprometida por causa del comportamiento del dispositivo durante el choque.

Al respecto, y teniendo en cuenta que los sistemas de contención se encuentran dentro de los objetos fijos que causan muertes y lesiones en accidentes de tránsito (ver Tabla 6) y ante la problemática evidenciada en diferentes mesas técnicas relacionada con el deficiente comportamiento de estos dispositivos en algunos accidentes viales, la Agencia Nacional de Seguridad Vial, en cumplimiento de su misionalidad, ha advertido la importancia de analizar esta situación y, de ser necesario, identificar e implementar las estrategias de solución pertinentes.

Con este fin, se procederá a continuación con la etapa de definición del problema, la cual permitirá identificar si el desempeño de los sistemas de contención que se instalan en las vías del territorio nacional está generando efectos negativos sobre la sociedad.

Para ello y en atención a metodología de análisis de impacto normativo recomendada por el Departamento Nacional de Planeación, se realizaron sondeos a diferentes actores involucrados en la fabricación, instalación y adquisición de sistemas de contención vehicular, representantes de la academia, entidades de control y vigilancia en materia de infraestructura de transporte y productos, usuarios y representantes de víctimas en accidentes de tránsito.

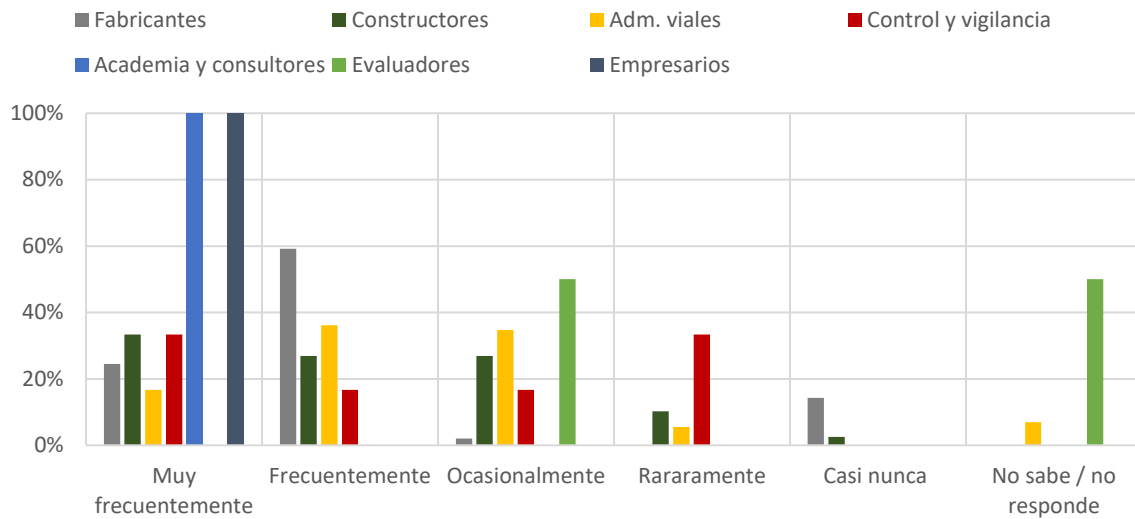
Estos sondeos, a pesar de no ser diligenciados por una muestra que pueda considerarse representativa, permitieron obtener información relevante a partir de la participación de cerca de 80 actores pertenecientes a los sectores anteriormente mencionados. A continuación, se exponen los principales resultados de dichos sondeos.

3.1 Sondeo número uno

En este sondeo se solicitó información a fabricantes, constructores e interventores de infraestructura vial, entidades públicas administradoras de infraestructura vial, entidades nacionales de control y vigilancia (Superintendencia de Industria y Comercio y Superintendencia de Transporte), academia y expertos independientes, organismos de normalización (Icontec) y representantes del sector empresarial (Comité Empresarial de Seguridad Vial), en relación con el desempeño de los sistemas de contención vehicular instalados en Colombia. A continuación, se exponen los principales resultados de este sondeo según los participantes que respondieron los interrogantes planteados.

- El 84 % de los fabricantes ha evidenciado de forma muy frecuente o frecuente la influencia que han tenido los sistemas de contención vehicular en afectaciones a la integridad de los usuarios. En el caso de los constructores, este porcentaje corresponde al 60 % y para los administradores viales es del 53 %.

Ilustración 43. Influencia de los niveles de contención de sistemas de contención vehicular en afectaciones a los usuarios de las vías.

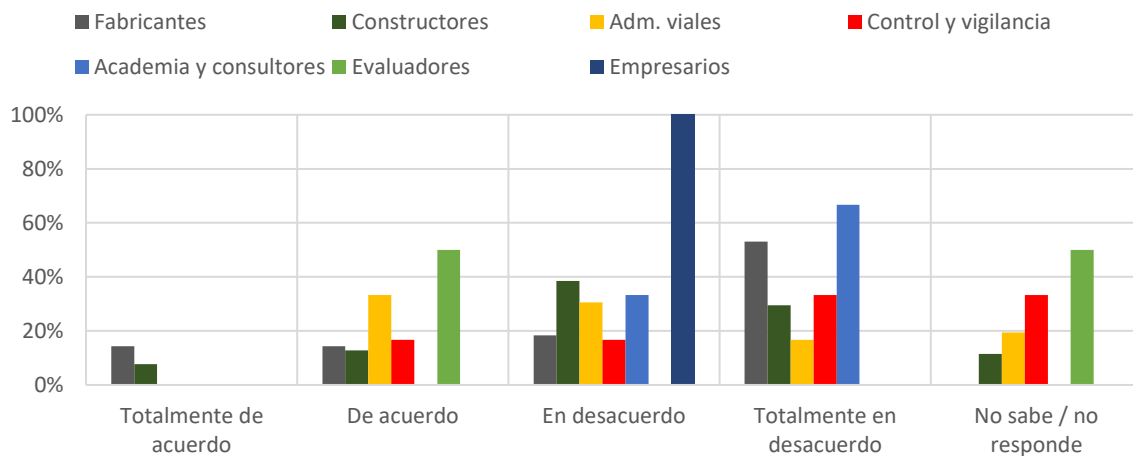


Fuente: ANSV, 2020

- El 71 % de los fabricantes manifiesta estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con que la evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular esté contemplada de forma adecuada en la normatividad vigente. El 68 % de los constructores tienen esta misma opinión, así como el 100 % de la academia, consultores y empresarios.

En relación con las entidades administradoras viales y de control y vigilancia, estos porcentajes corresponden al 47 % y 50 % respectivamente.

Ilustración 44. La evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular está contemplada de forma adecuada en las disposiciones normativas o técnicas vigentes



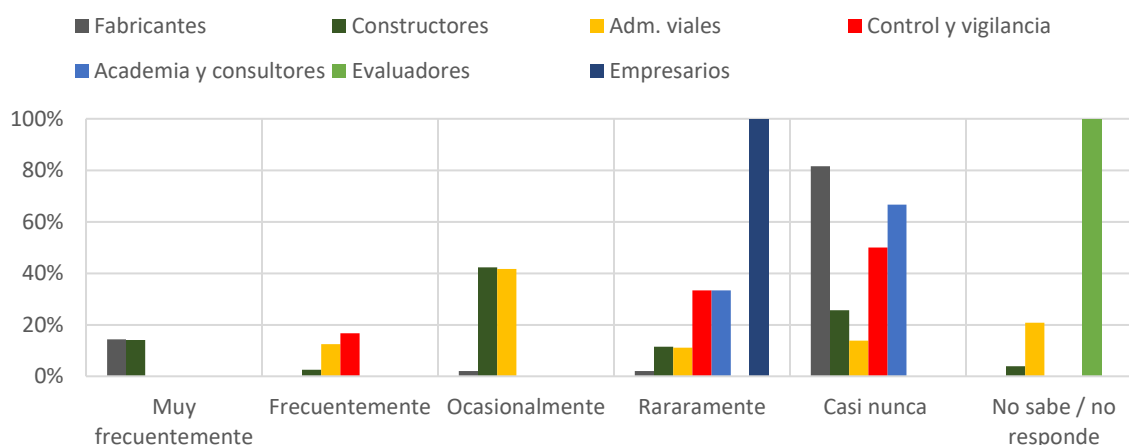
Fuente: ANSV, 2020

- El 84 % de los fabricantes manifestó que raramente o casi nunca el desempeño de los sistemas de contención vehicular es tenido en cuenta como criterio para la selección del dispositivo que se instalará en el corredor vial. Por su parte, el 37 % de los constructores comparten esta respuesta, mientras que el 42 % manifestó que ocasionalmente se tenía en cuenta este criterio.

Las entidades administradoras viales tienen una postura similar. El 25 % de los actores consultados que pertenecen a esta categoría manifestaron que raramente o casi nunca se considera este criterio, mientras que el 42 % indicó que ocasionalmente se tenía en cuenta.

Por su parte, el 100 % de actores de la academia, consultores independientes y empresarios consideran que raramente o casi nunca se tiene en cuenta el desempeño de los sistemas de contención vehicular; porcentaje que para las entidades de control y vigilancia corresponde al 83 %.

Ilustración 45. Frecuencia con que el desempeño de sistemas de contención vehicular es tenido en cuenta para la selección del sistema que se instalará en la infraestructura vial.



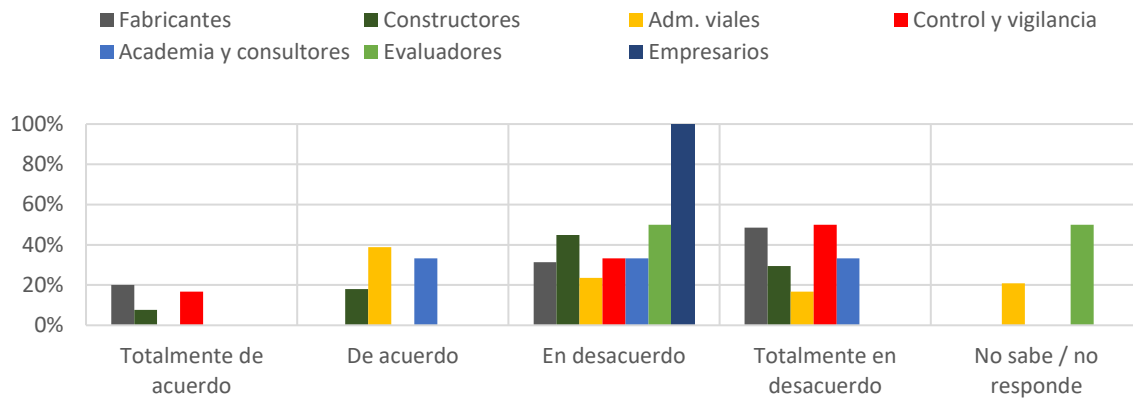
Fuente: ANSV, 2020

- El 80 % de los fabricantes consideró que el artículo 730 de las especificaciones generales de construcción del Invías no ofrece todos los elementos para la fabricación de sistemas de contención vehicular que prevengan o mitiguen las lesiones de los usuarios ante eventos de salida de vía del vehículo; por su parte, el 50 % consideró que el artículo 731 de dichas especificaciones no ofrece dichos elementos. Estos porcentajes consideran la selección de las opciones en desacuerdo o totalmente en desacuerdo.

El 84 % de los constructores comparte esta opinión en relación con el artículo 730, y el 65 % en relación con el artículo 731. Para las entidades administradoras viales, este porcentaje es del 40 % para los dos artículos, y para la academia y consultores es del 67 %.

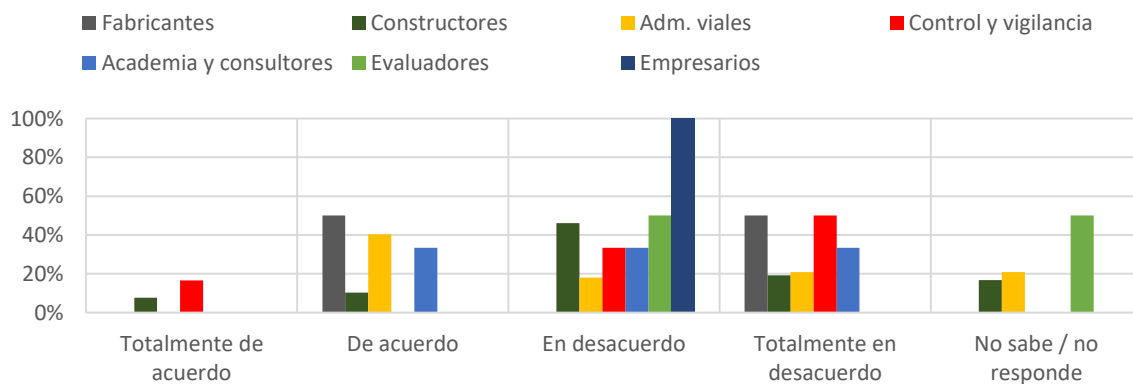
Ilustración 46. Las especificaciones generales de construcción de carreteras del Invías (art. 730) ofrecen todos los elementos para la fabricación de sistemas de

contención vehicular que prevengan o mitiguen las lesiones de los usuarios ante eventos de salida de vía del vehículo



Fuente: ANSV, 2020

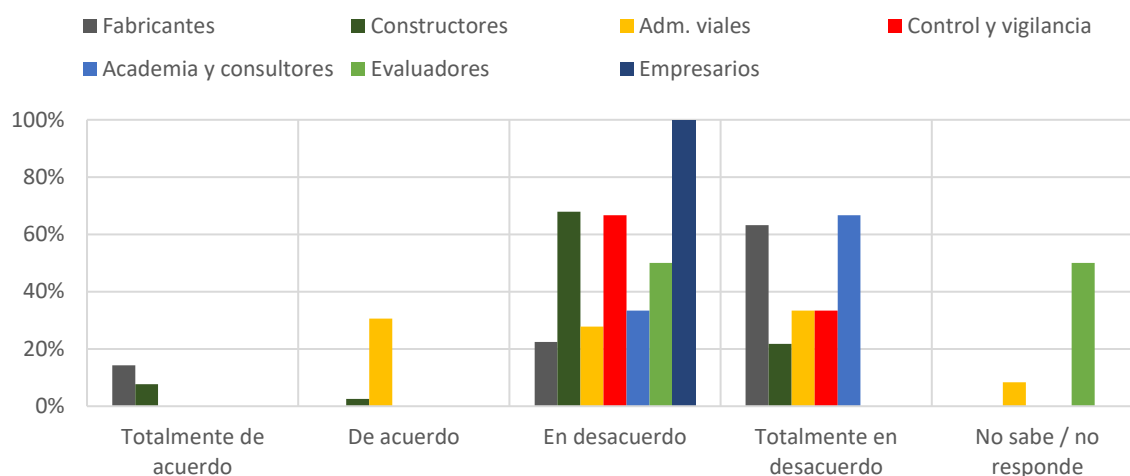
Ilustración 47. Las especificaciones generales de construcción de carreteras del Invías (art. 731) ofrecen todos los elementos para la fabricación de sistemas de contención vehicular que prevengan o mitiguen las lesiones de los usuarios ante eventos de salida de vía del vehículo



Fuente: ANSV, 2020

- En una gran proporción, la mayoría de los actores participantes considera que no se cuenta con lineamientos suficientes para la instalación de prevención o mitigación de lesiones de los usuarios ante accidentes por salida de vía. Al respecto, el 86 % de fabricantes, 90 % de empresas constructoras, 61 % de entidades administradoras de vías, 100 % de entidades de control y vigilancia, 100 % de académicos y consultores y 100 % de empresarios manifestaron estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con la suficiencia de lineamientos vigentes.

Ilustración 48. El Gobierno ofrece los lineamientos suficientes para la instalación de sistemas de contención vehicular que prevengan o mitiguen las lesiones de los usuarios ante eventos de salida de vía.



Fuente: ANSV, 2020

Finalmente, se solicitó a los participantes indicar los principales retos que se tiene en la actualidad para la fabricación, suministro o instalación de sistemas de contención vehicular. Al respecto, se indica a continuación una síntesis de las respuestas suministradas.

Ilustración 49. Retos en materia de sistemas de contención vehicular (SCV) según participantes en sondeo 1

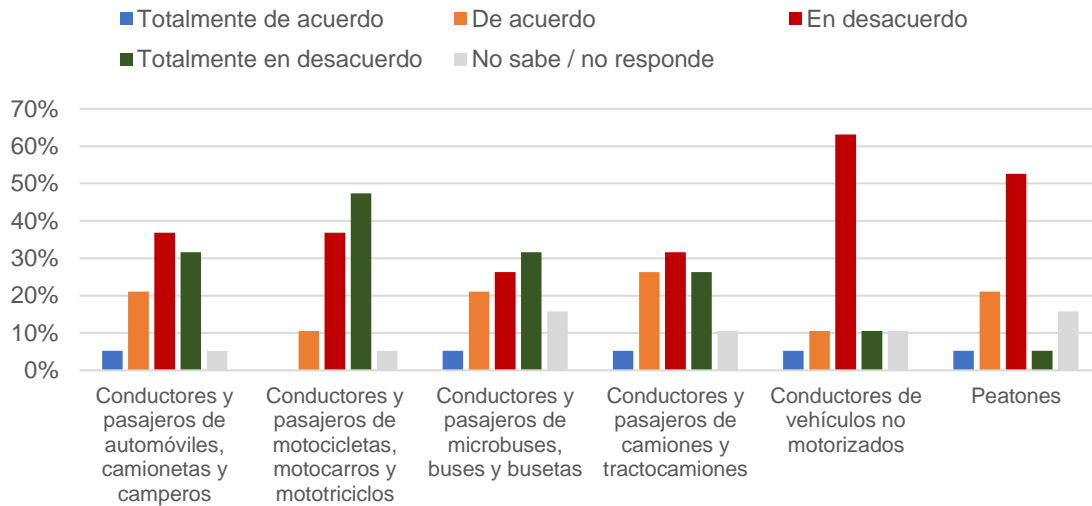


3.2 Sondeo número dos

En este sondeo se solicitó información a representantes de ciudadanos, fundaciones para la seguridad vial y reducción de víctimas en accidentes de tránsito, colectivos y usuarios de la infraestructura vial, a partir de lo cual se obtuvo la información que se expone a continuación.

- Más del 70 % de los usuarios que participaron en el sondeo consideran que los sistemas de contención vehicular que se instalan en las vías colombianas no son seguros para motociclistas ni usuarios de vehículos no motorizados. Entre el 55 % y 70 % de usuarios comparte esta opinión para usuarios de automóviles, camionetas y camperos, microbuses, buses y busetas, camiones y tractocamiones y peatones.

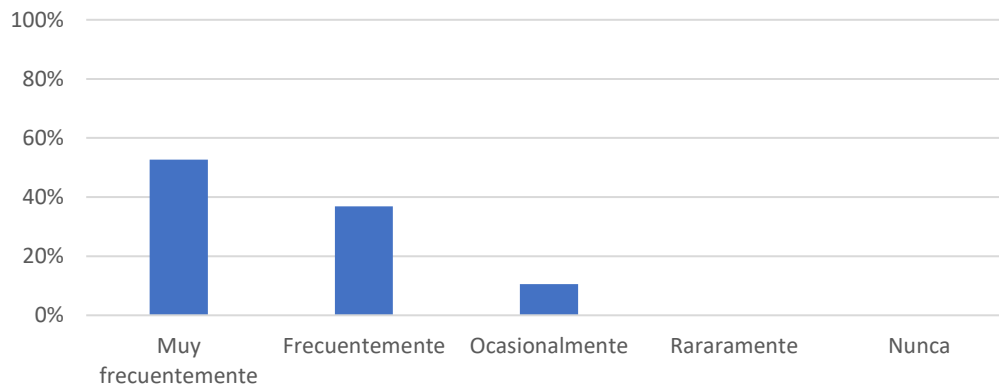
Ilustración 50. Los sistemas de contención vehicular instalados en la infraestructura vial colombiana son adecuados para la protección de los siguientes usuarios de la vía frente a una eventual salida de vía de los vehículos.



Fuente: ANSV, 2020

- El 89 % de los usuarios manifestó haber evidenciado sistemas de contención vehicular sin las condiciones suficientes para reducir las posibilidades de lesiones por eventos de salida de vía.

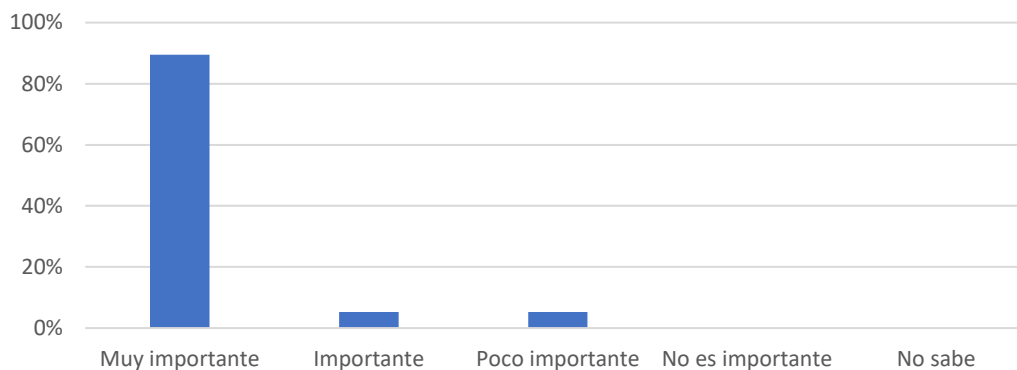
Ilustración 51. Porcentaje de usuarios que manifiestan haber evidenciado sectores en los que los sistemas de contención vehicular instalados no contaban con las condiciones suficientes para reducir las posibilidades de lesiones



Fuente: ANSV, 2020

- El 89 % de los usuarios considera que los sistemas de contención vehicular son muy importantes para la protección de los usuarios de la infraestructura vial en Colombia

Ilustración 52. Importancia de los sistemas de contención vehicular en la protección de los usuarios de la infraestructura vial



Fuente: ANSV, 2020

- El 100 % de los usuarios manifestó conocer casos en los cuales la presencia o ausencia de sistemas de contención vehicular probablemente influyó en la generación de lesiones fatales o no fatales a usuarios de la vía.

Finalmente, se solicitó a los participantes indicar los principales retos que se tiene en la actualidad para la fabricación, suministro o instalación de sistemas de contención vehicular. Al respecto, se indica a continuación una síntesis de las respuestas suministradas.

Ilustración 53. Retos en materia de sistemas de contención vehicular (SCV) según participantes en sondeo 2.



Fuente: ANSV, 2020

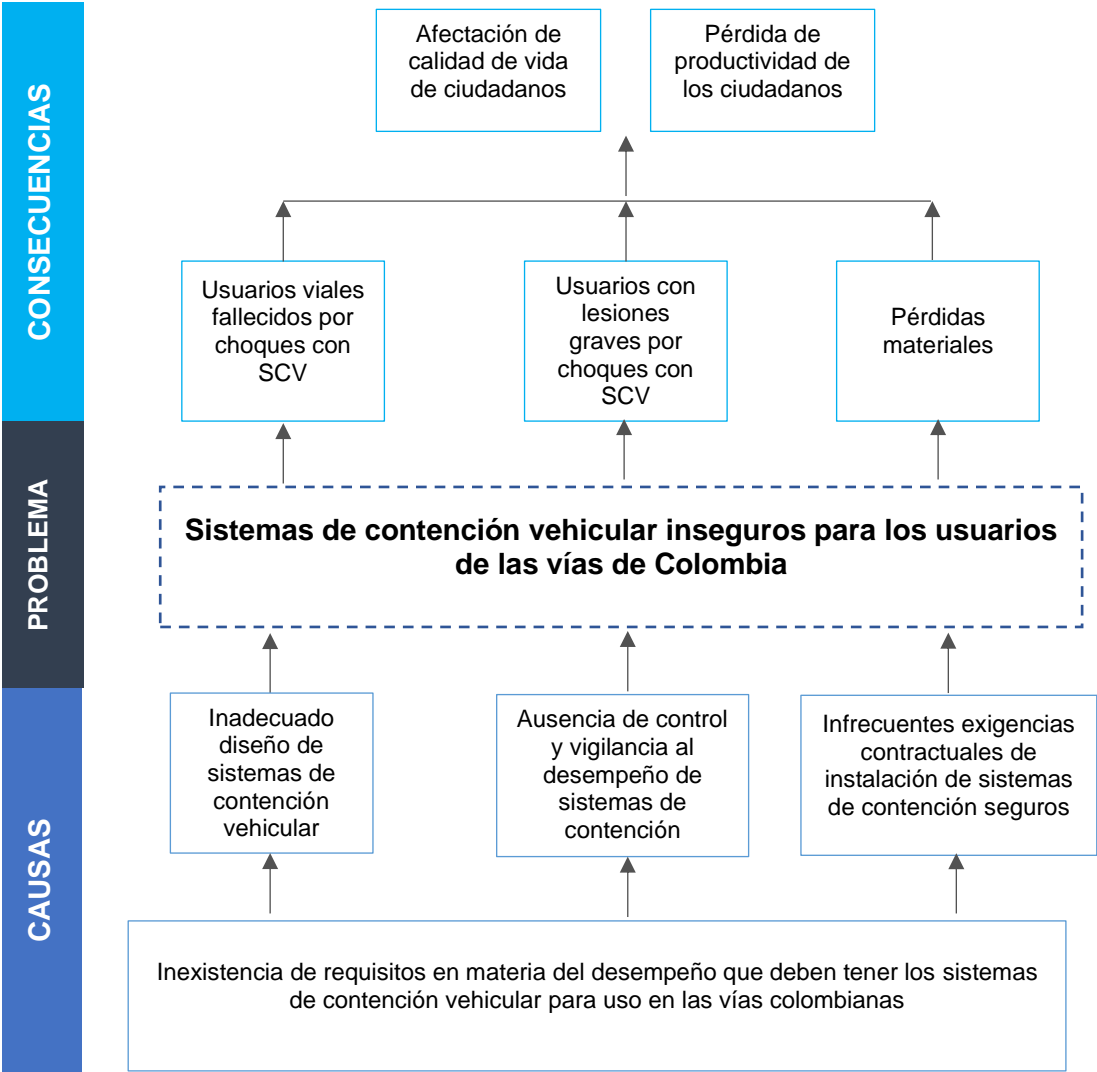
De acuerdo con los resultados de los anteriores sondeos, así como de las reuniones técnicas realizadas es posible evidenciar que existe una oportunidad de mejora en el desempeño de los sistemas de contención vehicular que se instalan en las vías del país. Al respecto, las personas que participaron en los sondeos manifestaron que los dispositivos que se instalan en Colombia pueden afectar la vida de los usuarios, particularmente de motociclistas, peatones y conductores de vehículos no motorizados.

En este sentido, además de manifestar que son diversos los aspectos que se requieren para contar con sistemas de contención seguros en el país, consideran que las Especificaciones generales de construcción del Inviás son insuficientes para la instalación de sistemas de contención seguros y por lo tanto se carece de lineamientos suficientes para este fin. En particular, fue recurrente la mención a la ausencia de normas que permitan evaluar el desempeño de dichos sistemas

Adicionalmente, se evidenció la preocupación por la dificultad existente de innovar en relación con diferentes tipos de sistemas de contención a los usualmente utilizados en Colombia, así como por la escasa información relacionada con diferentes sistemas de contención utilizados en el mundo y sus resultados.

De conformidad con lo expuesto hasta el momento, se presentan las causas, consecuencias y el problema principal del Análisis de Impacto Normativo de sistemas de contención vehicular.

Ilustración 54. Causas, problema y consecuencias

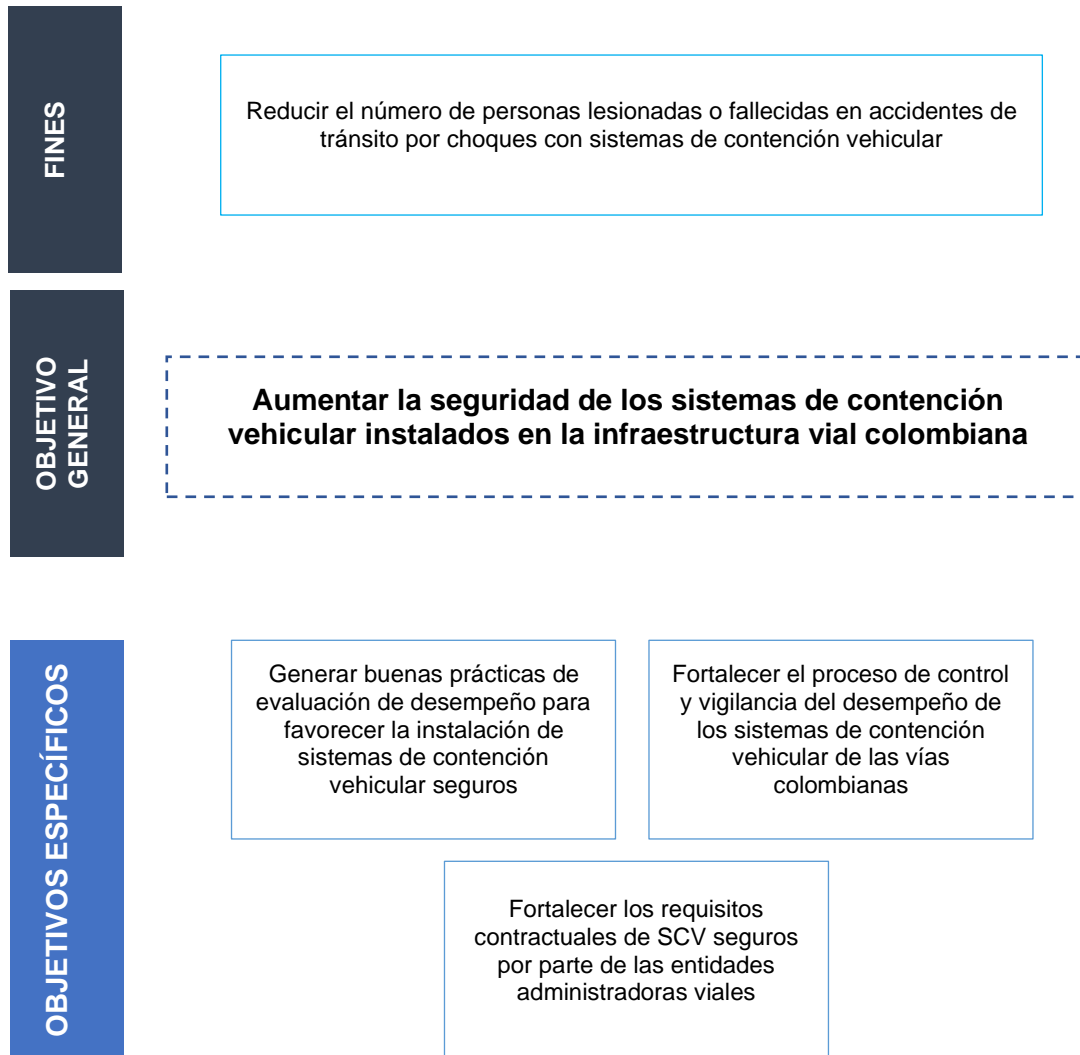


Fuente: ANSV, 2020

4. OBJETIVOS

Para la definición de objetivos, se siguieron las recomendaciones metodológicas establecidas por el Departamento Nacional de Planeación, de tal forma, que el objetivo general se construyó a partir del problema identificado y los objetivos específicos se extraen a partir de las causas que originaron el problema (Departamento Nacional de Planeación, 2017).

Ilustración 55. Fines, objetivos generales y específicos

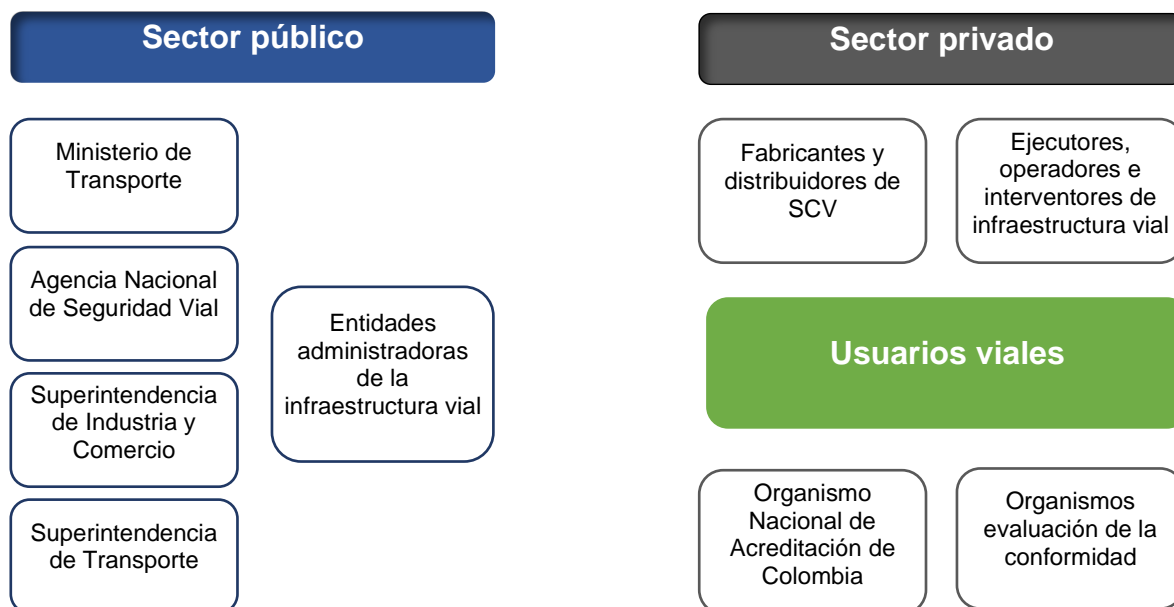


Fuente: ANSV, 2020

5. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES

El capítulo anterior permitió identificar la existencia de un problema que, por generar afectaciones a la vida e integridad de las personas, requiere actuaciones del Gobierno para mejorar y mitigar las consecuencias que dicha situación está originando. A continuación, se presentan los actores que tienen relación con la problemática descrita y sobre quienes pueden recaer los efectos de las actuaciones estatales que se definan (Ilustración 56).

Ilustración 56. Actores identificados



Fuente: ANSV, 2020

5.1 Sector público

- **Ministerio de Transporte:** entidad del orden nacional cuyo objetivo es «la formulación y adopción de las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica en materia de transporte, tránsito e infraestructura de los modos de transporte carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo y la regulación técnica en materia de transporte y tránsito de los modos carretero, marítimo, fluvial y férreo». ¹⁸
- **Agencia Nacional de Seguridad Vial:** entidad del orden nacional, máxima autoridad para la aplicación de las políticas y medidas de seguridad vial nacional cuyo objetivo es planificar y gestionar la seguridad vial del país. Dentro de sus funciones se encuentra la evaluación de la efectividad de las normas reglamentarias asociadas con la

¹⁸ Artículo 1 del Decreto 87 de 2011 «Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Transporte, y se determinan las funciones de sus dependencias».

seguridad vial, así como la promoción de su modificación o derogación cuando corresponda.¹⁹

- **Superintendencia de Industria y Comercio:** entidad del orden nacional cuyas funciones contemplan el control y vigilancia del cumplimiento de los reglamentos técnicos que le han sido asignados. Así mismo, adelanta las investigaciones administrativas a los fabricantes, importadores, productores y comercializadores de bienes y servicios sujetos al cumplimiento de reglamentos técnicos asignados a esta entidad para imponer medidas y sanciones cuando corresponda.²⁰
- **Superintendencia de Transporte:** entidad del orden nacional que tiene como objeto la inspección, control y vigilancia del cumplimiento de las normas que rigen el sistema de tránsito y transporte. Sus funciones contemplan velar por el cumplimiento del principio de seguridad en la protección de los usuarios del sector transporte y ejercer la labor de inspección y vigilancia del cumplimiento de las normas de protección al usuario de dicho sector.²¹
- **Entidades administradoras de la infraestructura vial:** «Entidad estatal que tiene a su cargo la administración, planeación, coordinación, construcción, conservación y mantenimiento de la infraestructura vial».²²

5.2 Sector privado

- **Usuarios de la infraestructura vial:** todas las personas que asumen un rol determinado para hacer uso de las vías (peatones, conductores o pasajeros de vehículos automotores y no automotores).²³
- **Fabricantes de SCV:** agentes encargados de producir sistemas de contención vehicular.
- **Distribuidores de SCV:** agentes encargados de la comercialización de los sistemas de contención vehicular.
- **Ejecutores de obras infraestructura vial:** agentes encargados de la construcción, mejoramiento, mantenimiento o rehabilitación de los corredores viales.
- **Operadores de infraestructura vial:** agentes encargados de realizar las acciones para la disponibilidad de la infraestructura vial para los usuarios.

¹⁹ Artículos 2, 3 y 9 de la Ley 1702 de 2013 «Por la cual se crea la agencia nacional de seguridad vial y se dictan otras disposiciones»

²⁰ Art. 15 del decreto 4886 de 2011 «por medio del cual se modifica la estructura de la Superintendencia de Industria y Comercio, se determinan las funciones de sus dependencias y se dictan otras disposiciones».

²¹ Art. 4, 12 y 13 del Decreto 2409 de 2018 «por el cual se modifica y renueva la estructura de la Superintendencia de Transporte y se dictan otras disposiciones».

²² Resolución nro. 20203040011245 «por el cual se establecen los criterios técnicos de seguridad vial para la instalación y operación de los sistemas automáticos, semiautomáticos y otros medios tecnológicos para la detección de presuntas infracciones al tránsito y se dictan otras disposiciones».

²³ Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2011 - 2021

- **Interventores de infraestructura vial:** agentes encargados de supervisar que las obras u operación de la infraestructura vial se realice de conformidad con las condiciones pactadas.
- **Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC):** «entidad encargada de acreditar la competencia técnica de los organismos de evaluación de la conformidad». Esta Entidad es la única fuente oficial de información sobre la acreditación en el país y por lo tanto tiene como función publicar la información de los organismos acreditados en Colombia. Adicionalmente, debe informar a la entidad encargada de la vigilancia y control de un reglamento técnico cuando un organismo de evaluación de conformidad sea acreditado.²⁴
- **Organismos de evaluación de la conformidad:** son entidades debidamente acreditadas que realizan actividades de evaluación de la conformidad frente a un reglamento técnico, tales como certificación, inspección, realización de ensayo/prueba y calibración, o la provisión de ensayos de aptitud y otras actividades acreditables.²⁵

²⁴ Artículo 2.2.1.7.7.3 y 2.2.1.7.7.7 del Decreto 1595 de 2015 «por el cual se dictan normas relativas al Subsistema Nacional de la Calidad y se modifica el Capítulo VII y la Sección 1 del Capítulo VIII del Título I de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo, Decreto número 1074 de 2015, y se dictan otras disposiciones»

²⁵ Artículo 2.2.1.7.8.1 del Decreto 1595 de 2015.

6. Bibliografía

- American Traffic Safety Services Association. (2017). *Safety benefits of median barrier and roadside guardrail*. Obtenido de https://www.atssa.com/Portals/0/Blog%20News/SafetyBenefitsGuardrail_2017Book_Final.pdf?ver=2019-01-07-143743-100
- American Traffic Safety Services Association. (2019). *Guardrails prove effective countermeasures to RwD crashes*. Obtenido de <https://www.atssa.com/Tech-Innovation/Guardrail-and-Barriers/ArtMID/591/ArticleID/182/Guardrails-prove-effective-countermeasures-to-RwD-crashes>
- American Traffic Safety Services Association. (2019). *Median and roadside guardrails: An essential and effective countermeasure for RwD crashes*. Obtenido de <https://www.atssa.com/Tech-Innovation/Guardrail-and-Barriers/ArtMID/591/ArticleID/170/Median-and-roadside-guardrails-An-essential-and-effective-countermeasure-for-RwD-crashes>
- American Traffic Safety Services Association. (s.f.). *Guardrails save lives*. Obtenido de <http://guardrailssavelives.atssa.com/learn.html>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2020). *Declaración de Estocolmo*.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2020). *Declaración de Estocolmo*.
- Asociación de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial. (2011). Aportación de los sistemas de contención metálicos a la seguridad vial. *Simeprovi*(2), 10-11.
- Asociación de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial. (2013). El nuevo reglamento europeo de productos de construcción. 4.
- Asociación Española de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial. (2017). *Novedades en la norma UNE 135900 sobre sistemas para protección de motociclistas*. Valencia.
- Asociación Nacional de Consumidores por la Seguridad Vial. (2016). *Sistemas de protección para motociclistas (SPM)*. Obtenido de <https://www.ancosev.org/sistemas-de-proteccion-para-motociclistas-spm/>
- Burbridge, A., Naish, D., & Troutbeck, R. (s.f.). *Predicting occupant risk indicators for frontal impacts with redirective crash cushions*. Obtenido de <https://acrs.org.au/files/papers/arsc/2015/BurbridgeA%20259%20Predicting%20occupant%20risk%20indicators%20for%20frontal%20impacts%20with%20redirective%20crash%20cushions.pdf>
- Cámara Colombiana de Infraestructura. (2011). *¿Cómo disminuir la fatalidad en accidentes de tránsito por salida de vía?*. Cali.
- Centro Zaragoza. Instituto de Investigación sobre Vehículos. (2010). Sistemas de Contención de Vehículos. *Revista Técnica*.
- Chang Albitres, C. (2012). *Guía para la ubicación, selección, y diseño de barreras de seguridad vial*. Lima.
- Chinchane, A., & Sumant, O. (2020). *Barrier Systems Market. Global Opportunity and Industry Forecast 2020 - 2027*; Allied Market Research, Portland, OR.

- Comisión Europea. (2018). *Traffic safety basic Facts 2018. Single vehicle accidents*. Obtenido de https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/bfs2018_single_vehicle_accident.pdf
- Comisión Europea. (s.f.). *Harmonised standards*. Obtenido de https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/product-regulation/harmonised-standards_en
- Comisión Europea. (s.f.). *Marcado CE de los productos de construcción. Paso a Paso*. Obtenido de http://www.f2i2.net/documentos/lsi/Construccion/MarcadoCE_Prod_Construccion_paso_a_paso_Oct_15.pdf
- Comité Europeo de Normalización. (2010). *Norma armonizada EN 1317: Sistemas de contención para carreteras*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Guía para la construcción y estandarización de la cadena de valor*. Bogotá D.C. Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/MGA_WEB/Guia%20Cadena%20de%20valor_v%205.pdf
- Department of Transportation - State of Wisconsin. (s.f.). *High tension cable barrier*. Obtenido de <https://wisconsindot.gov/Pages/safety/safety-eng/high-tension.aspx>
- Dirección General de Tráfico. (2020). *2019 finaliza con 1.098 fallecidos, el mínimo histórico de víctimas mortales en carretera*. Obtenido de http://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2020/2019_finaliza_con_1098_fallecidos_el_minimo_historico_de_victimas_mortales_en_carretera.shtml
- Echaveguren, T., Vargas, S., & Nancuñil, J. (2007). *Metodología de análisis y diseño de lechos de frenado*.
- Escudero, R. (2010). *Estudio del impacto de un vehículo sobre barreras de seguridad mediante LS-DYNA*. Madrid. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/30043703.pdf>
- Espinoza, D. (2010). *Sistemas de contención de vehículos. Centro Zaragoza., 44*.
- European Committee for Standardization. (s.f.). *Standards CEN*. Obtenido de <https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:105:0:::>
- European Road Assessment Programme. (2008). *Barriers to change: designing safe roads for motorcyclist*. Obtenido de http://34.250.94.66/wp-content/uploads/2017/05/20081202_bikers1.pdf
- European Road Federation. (s.f.). *Road Restraint System*.
- European Transport Safety Council. (2017). *Reducing deaths in single vehicle collisions*. Obtenido de https://etsc.eu/wp-content/uploads/PIN_FLASH32-FINAL.pdf
- European Union Road Federation. (s.f.). *Road safety and road restraint systems. A flexible and cost – effective solution*. Obtenido de http://www.fema-online.eu/riderScan/IMG/pdf/erf_-_road_safety_and_road_restraint_systems.pdf

Federación Española de Municipios y Provincias. (s.f.). *Sistemas de contención*. Obtenido de [http://femp.femp.es/files/566-2137-archivo/Sistemas%20de%20contenci%C3%B3n%20\(SIMEPROVI\).pdf](http://femp.femp.es/files/566-2137-archivo/Sistemas%20de%20contenci%C3%B3n%20(SIMEPROVI).pdf)

Federal Highway Administration. (1997). *Policy memorandums*.

Federal Highway Administration. (2017). *Reactive Solutions - An FHWA Technical Update on Alkali-Silica Reactivity*. Obtenido de <https://www.fhwa.dot.gov/Pavement/concrete/reactive/v04issue03.cfm>

Fernández, H. (2011). *Soluciones técnicas para mejorar la seguridad vial en las carreteras colombianas*. Obtenido de <https://www.infraestructura.org.co/memoriaseventos/expovial2011/HernanOtonielFernandez.pdf>

Fondo de Prevención Vial. (2012). *Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular*. Bogotá D.C.

Fracasso Hellas. (s.f.). *Impact severity index*. Obtenido de <https://www.fracassohellas.gr/wp-content/uploads/files/Impact-Severity-Index.pdf>

GLS Prefabricados. (s.f.). *Marcado CE de los sistemas de contención*.

Gobierno de México. (2015). *Normas oficiales mexicanas*. Obtenido de <https://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705>

Grupo de Trabajo de Seguridad Vial . (2018). *Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos en carreteras de características reducidas*. Madrid.

Guerra Triviño, J. (2012). *Proyecto, dimensionamiento y comprobación estructural de barreras de hormigón tipo News Jersey*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2018). *Forensis. Datos para la vida*. Bogotá D.C.

Instituto de Tránsito y Seguridad Social. (s.f.). *Colisiones entre vehículos de dos ruedas y turismo*. Universidad de Valencia. Obtenido de https://www.uv.es/sites/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8&blobheadername1=content-type&blobheadername2=Content-Disposition&blobheadervalue1=attachment%3Bfilename%3DColisiones_vehiculo_dos_ruedas_turismo%2C0.pdf&blobk

Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú. (2009). *Accidentes de tránsito*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0979/parte02.pdf

Instituto Nacional de Vías. (2012). *Especificaciones generales de construcción de carreteras*. Bogotá D.C.

Instituto Vial Iberoamericano. (2018). *Alta contención para barreras de seguridad: ¿Por qué? ¿Cuándo?* Lima.

- Leiderman, M. (s.f.). *Los amortiguadores de impacto en las carreteras*. Obtenido de https://www.academia.edu/10718258/Imprimir_Trabajo_Los_Amortiguadores_de_impacto_en_las_Carreteras
- Marcado CE. (s.f.). *Marcado CE*. Obtenido de <https://www.marcado-ce.com/acerca-del-marcado-ce/que-es-marcado-ce.html>.
- Margiotta, G., Bacci, M., Carnevalli, E., & Gabbrielli, M. (2015). *A fatal crash against guardrail. Report of a case and considerations about safety of roadway barriers in Italy*.
- Ministerio de Obras Públicas. (2019). *Manual de Carreteras*. Chile.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Seguridad Vial 2016*. Perú.
- Ministerio del Interior de Francia. (2018). *Base de données accidents corporels de la circulation*. París. Obtenido de <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/base-de-donnees-accidents-corporels-de-la-circulation/>
- Ministry of Works and transport. (1997). *Safety Barrier*. Obtenido de dor.gov.np
- Monnet, C., Debasa, F., Guinea, J., Pérez, R., & Florin, V. (2016). *Política de Mercado Interior*. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos.
- Naciones Unidas. (s.f.). *Declaración universal de derechos humanos*.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2009). *Factors related to fatal single vehicle Run off road crashes*. Obtenido de <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811232>
- National Highway Traffic Safety Administration. (2018). *Fatality Analysis Reporting System*. Obtenido de <https://www.nhtsa.gov/research-data/fatality-analysis-reporting-system-fars>
- National Road Safety Strategy. (s.f.). *Safe System principles*. Obtenido de <https://www.roadsafety.gov.au/nrss/safe-system>
- New Zealand Transport Agency. (2017). *Specification for Road Safety Hardware Systems*. Obtenido de <http://guardrailnz.com/wp-content/uploads/2017/12/m23-road-safety-barrier-systems-appendix-a.pdf>
- Rodríguez Romero, J., Díaz-Pavón, E., Díaz Heredia, E., Arroyo Arroyo, J., & Liébana Ramos, M. (2018). Algunas reflexiones sobre la instalación de pretilas en la rehabilitación de puentes. *Hormigón y acero*, 69, 129-145.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2020). *Dispositivos de seguridad autorizados*. Obtenido de <http://www.economia-noms.gob.mx/normas/noms/2010/086sct22015.pdf>
- Secretaría de Salud. (2017). *Informe sobre la situación de la seguridad vial, México 2017*. Ciudad de México.
- Secretaría de Salud. (2019). *Informe sobre la situación de la seguridad vial, México 2018*. Ciudad de México: Conapra.
- Soltani, M., Baghee, T., Rehan, M., & N.H., R. (2013). Analysis of developed transition road safety barrier systems. *Accident analysis and prevention*, 240-252.

- Town of Weston. (2016). *Guardrail overview Report*. Boston. Obtenido de <https://www.weston.org/DocumentCenter/View/5017/Weston-Guardrail-Report-PDF>
- Transport Accident Commission. (2019). *Safety Barriers save lives*. Obtenido de • <https://www.tac.vic.gov.au/road-safety/tac-campaigns/tac-latest-campaigns/safety-barriers-save-lives>
- Transportation Research Board. (2013). *MASH Compared to NCHRP 350*. Obtenido de <https://trid.trb.org/view/1246220>
- Transportation Research Board. (s.f.). *The National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)*. Obtenido de The States' Highway Research Program: <http://www.trb.org/NCHRP/NCHRPOverview.aspx>
- U.S. Government Accountability Office. (2016). *More Robust DOT Oversight of Guardrails and Other Roadside Hardware Could Further Enhance Safety*. Obtenido de [https://www.gao.gov/products/GAO-16-575#:~:text=The%20Federal%20Highway%20Administration%20\(FHWA,safety%20hardware%20that%20has%20been](https://www.gao.gov/products/GAO-16-575#:~:text=The%20Federal%20Highway%20Administration%20(FHWA,safety%20hardware%20that%20has%20been)
- Unidad de Seguridad Vial y Transporte. (2017). *Evaluación de estado y mantenimiento de sistemas de contención vehicular en la autopista Florencio del Castillo, Ruta Nacional 2*. Universidad de Costa Rica.
- Unión Europea. (s.f.). *EUR-Lex*. Obtenido de https://eur-lex.europa.eu/summary/glossary/white_paper.html?locale=es
- Unión Europea. (s.f.). *Transporte*. Obtenido de https://europa.eu/european-union/topics/transport_es
- Unión Europea. (s.f.). *Unión Europea*. Obtenido de https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts_es
- Virginia Transportation Research Council. (2015). *A Benefit-Cost Analysis Tool for Assessing Guardrail Needs for Two-Lane Rural Roads in Virginia*. Obtenido de http://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/16-r5.pdf

7. ANEXOS

Anexo 1. Características esenciales de los sistemas de contención vehicular según norma EN 1317 2010

Tabla 12. Características esenciales exigidas para cada tipo de sistema de contención vehicular, terminales o transiciones

Característica	Barreras de seguridad, pretilles.	amortiguadores de impacto	Terminales	Transiciones																	
<p>1. Nivel de contención: capacidad del SCV de retener al vehículo sin que se generen volcamientos, intrusión del SCV en el vehículo o desprendimientos de elementos del SCV.</p> <table><tr><td>Nivel de contención</td><td>Clase de contención</td></tr><tr><td>N1</td><td rowspan="2">Normal</td></tr><tr><td>N2</td></tr><tr><td>H1</td><td rowspan="6">Alta</td></tr><tr><td>H2</td></tr><tr><td>H3</td></tr><tr><td>L1</td></tr><tr><td>L2</td></tr><tr><td>L3</td></tr><tr><td>H4a</td><td rowspan="4">Muy alta</td></tr><tr><td>H4b</td></tr><tr><td>L4a</td></tr><tr><td>L4b</td></tr></table>	Nivel de contención	Clase de contención	N1	Normal	N2	H1	Alta	H2	H3	L1	L2	L3	H4a	Muy alta	H4b	L4a	L4b	X			X
Nivel de contención	Clase de contención																				
N1	Normal																				
N2																					
H1	Alta																				
H2																					
H3																					
L1																					
L2																					
L3																					
H4a	Muy alta																				
H4b																					
L4a																					
L4b																					

Característica	Barreras de seguridad, pretilos.	amortiguadores de impacto	Terminales	Transiciones													
<p>2. Severidad del impacto: nivel de riesgo al que se expone el conductor y los pasajeros del vehículo cuanto este impacta contra el SCV.</p> <p>Se mide a partir del índice de severidad de impacto (ASI - <i>acceleration severity index</i> -) y la velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV- <i>theoretical head impact velocity</i> -).</p> <p>En el caso de los terminales, además del ASI y el THIV, se incorpora la desaceleración de la cabeza tras el choque (PHD - <i>Post-impact Head desaceleration</i> -).²⁶</p> <p>Barreras de seguridad, pretilos y transiciones</p> <table><tr><th rowspan="2">Nivel de severidad del impacto</th><th colspan="2">Valores admisibles</th></tr><tr><th>ASI</th><th>THIV (km/h)</th></tr><tr><td>A</td><td>≤ 1,0</td><td rowspan="3">≤ 33</td></tr><tr><td>B</td><td>≤ 1,4</td></tr><tr><td>C</td><td>≤ 1,9</td></tr></table> <p>Amortiguadores de impacto</p> <table><tr><th>Valores admisibles</th></tr></table>	Nivel de severidad del impacto	Valores admisibles		ASI	THIV (km/h)	A	≤ 1,0	≤ 33	B	≤ 1,4	C	≤ 1,9	Valores admisibles	X	X	X	X
Nivel de severidad del impacto		Valores admisibles															
	ASI	THIV (km/h)															
A	≤ 1,0	≤ 33															
B	≤ 1,4																
C	≤ 1,9																
Valores admisibles																	

²⁶ ASI: «parámetro adimensional que se obtiene de las desaceleraciones sufridas por el vehículo ante un impacto». (Escudero, 2010)

THIV: describe la velocidad de la cabeza durante el impacto. (GLS Prefabricados).

PHD: describe la desaceleración de la cabeza después del impacto. (Fracasso Hellas)

Característica				Barreras de seguridad, pretilos.	amortiguadores de impacto	Terminales	Transiciones
Nivel de severidad de impacto	ASI	THIV (km/h)					
A	≤ 1	≤ 44					
		≤ 33					
B	1,0 < ASI ≤ 1,4	≤ 44					
		≤ 33					
Terminales							
Nivel de severidad del impacto	Valores admisibles						
	ASI	THIV (km/h)	PHD (g)				
A	≤ 1	≤ 44	PHD ≤ 20				
		≤ 33					
B	ASI ≤ 1,4	≤ 44	PHD ≤ 20				
		≤ 33					
3. Anchura de trabajo: máxima distancia lateral entre cualquier parte de la cara al tránsito de la barrera sin deformar y la máxima posición dinámica alcanzada por cualquier parte de la barrera. (Ver Ilustración 57)				X			X

Característica			Barreras de seguridad, pretilos.	amortiguadores de impacto	Terminales	Transiciones																		
	<table><tr><th>Clase de nivel de anchura</th><th>Niveles de anchura de trabajo normalizada (m)</th></tr><tr><td>W₁</td><td>W_N ≤ 0,6</td></tr><tr><td>W₂</td><td>W_N ≤ 0,8</td></tr><tr><td>W₃</td><td>W_N ≤ 1,0</td></tr><tr><td>W₄</td><td>W_N ≤ 1,3</td></tr><tr><td>W₅</td><td>W_N ≤ 1,7</td></tr><tr><td>W₆</td><td>W_N ≤ 2,1</td></tr><tr><td>W₇</td><td>W_N ≤ 2,5</td></tr><tr><td>W₈</td><td>W_N ≤ 3,5</td></tr></table>	Clase de nivel de anchura	Niveles de anchura de trabajo normalizada (m)	W ₁	W _N ≤ 0,6	W ₂	W _N ≤ 0,8	W ₃	W _N ≤ 1,0	W ₄	W _N ≤ 1,3	W ₅	W _N ≤ 1,7	W ₆	W _N ≤ 2,1	W ₇	W _N ≤ 2,5	W ₈	W _N ≤ 3,5					
Clase de nivel de anchura	Niveles de anchura de trabajo normalizada (m)																							
W ₁	W _N ≤ 0,6																							
W ₂	W _N ≤ 0,8																							
W ₃	W _N ≤ 1,0																							
W ₄	W _N ≤ 1,3																							
W ₅	W _N ≤ 1,7																							
W ₆	W _N ≤ 2,1																							
W ₇	W _N ≤ 2,5																							
W ₈	W _N ≤ 3,5																							
4. Intrusión del vehículo: máximo desplazamiento lateral dinámico de la cara al tránsito de la barrera sin deformar. ²⁷ (Ver Ilustración 57)			X			X																		
	<table><tr><th>Clase de nivel de intrusión</th><th>Niveles de intrusión del vehículo (m)</th></tr><tr><td>VI₁</td><td>VI_N ≤ 0,6</td></tr><tr><td>VI₂</td><td>VI_N ≤ 0,8</td></tr><tr><td>VI₃</td><td>VI_N ≤ 1,0</td></tr><tr><td>VI₄</td><td>VI_N ≤ 1,3</td></tr><tr><td>VI₅</td><td>VI_N ≤ 1,7</td></tr><tr><td>VI₆</td><td>VI_N ≤ 2,1</td></tr><tr><td>VI₇</td><td>VI_N ≤ 2,5</td></tr><tr><td>VI₈</td><td>VI_N ≤ 3,5</td></tr></table>	Clase de nivel de intrusión					Niveles de intrusión del vehículo (m)	VI ₁	VI _N ≤ 0,6	VI ₂	VI _N ≤ 0,8	VI ₃	VI _N ≤ 1,0	VI ₄	VI _N ≤ 1,3	VI ₅	VI _N ≤ 1,7	VI ₆	VI _N ≤ 2,1	VI ₇	VI _N ≤ 2,5	VI ₈	VI _N ≤ 3,5	
Clase de nivel de intrusión	Niveles de intrusión del vehículo (m)																							
VI ₁	VI _N ≤ 0,6																							
VI ₂	VI _N ≤ 0,8																							
VI ₃	VI _N ≤ 1,0																							
VI ₄	VI _N ≤ 1,3																							
VI ₅	VI _N ≤ 1,7																							
VI ₆	VI _N ≤ 2,1																							
VI ₇	VI _N ≤ 2,5																							
VI ₈	VI _N ≤ 3,5																							

²⁷ «La deflexión dinámica, la anchura de trabajo y la intrusión del vehículo permiten establecer las condiciones de instalación de cada barrera de seguridad, y también definir las distancias que es necesario dejar delante de los obstáculos para permitir que el sistema funcione satisfactoriamente» Norma EN 1317 Parte 2.

Característica	Barreras de seguridad, pretilos.	amortiguadores de impacto	Terminales	Transiciones																				
<p>5. Nivel de comportamiento: capacidad de absorción de energía del amortiguador de impacto²⁸.</p> <table> <tr><th>Niveles de comportamiento</th></tr> <tr><td>50</td></tr> <tr><td>80/1</td></tr> <tr><td>80</td></tr> <tr><td>100</td></tr> <tr><td>110</td></tr> </table>	Niveles de comportamiento	50	80/1	80	100	110		X																
Niveles de comportamiento																								
50																								
80/1																								
80																								
100																								
110																								
<p>6. Clase de comportamiento: tipo de comportamiento de los terminales.</p>			X																					
<p>7. Desplazamiento lateral: máximas distancias laterales a las que se puede desplazar un amortiguador de impacto o terminal.</p> <p>Amortiguador de impacto</p> <table> <tr> <th rowspan="2">Clase</th> <th colspan="2">Desplazamiento</th> </tr> <tr> <th>Desplazamiento Da (m)</th> <th>Desplazamiento Dd (m)</th> </tr> <tr><td>D1</td><td>0,5</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>D2</td><td>1,0</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>D3</td><td>2,0</td><td>2,0</td></tr> <tr><td>D4</td><td>3,0</td><td>3,0</td></tr> <tr><td>D5</td><td>0,5</td><td>≥ 0,5</td></tr> </table>	Clase	Desplazamiento		Desplazamiento Da (m)	Desplazamiento Dd (m)	D1	0,5	0,5	D2	1,0	1,0	D3	2,0	2,0	D4	3,0	3,0	D5	0,5	≥ 0,5		X	X	
Clase		Desplazamiento																						
	Desplazamiento Da (m)	Desplazamiento Dd (m)																						
D1	0,5	0,5																						
D2	1,0	1,0																						
D3	2,0	2,0																						
D4	3,0	3,0																						
D5	0,5	≥ 0,5																						

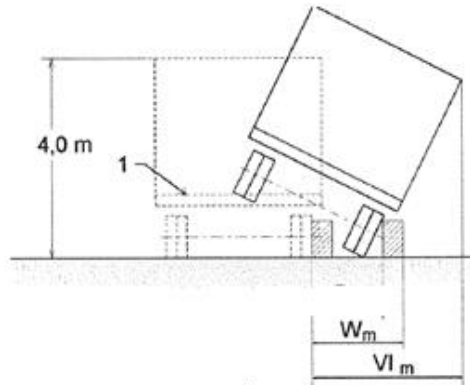
²⁸ Norma EN 1317 parte 3.

Característica			Barreras de seguridad, pretilos.	amortiguadores de impacto	Terminales	Transiciones	
D6	1,0	≥ 1,0					
D7	2,0	≥ 2,0					
D8	3,0	≥ 3,0					
Terminales							
Código de clase		Desplazamiento					
X	1	Da					0,5
	2						1,5
	3						3,0
Y	1	Db					1,0
	2						2,0
	3						3,5
	4		>3,5				

Fuente: ANSV, 2020 con base en norma EN 1317 – Parte 5

En la siguiente ilustración se evidencia la ubicación inicial de la barrera y del vehículo y la representación de los desplazamientos que se miden durante el impacto: intrusión del vehículo y anchura de trabajo. Por su parte, la Ilustración 58 identifica los desplazamientos laterales medidos en el amortiguador de impacto, el cual se encuentra representado por la figura trapezoidal con el número 2.

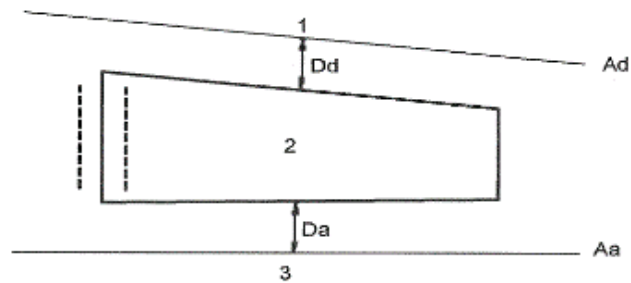
Ilustración 57. Deflexión dinámica, anchura de trabajo e intrusión del vehículo



W_m : anchura de trabajo.
 VI : intrusión del vehículo.

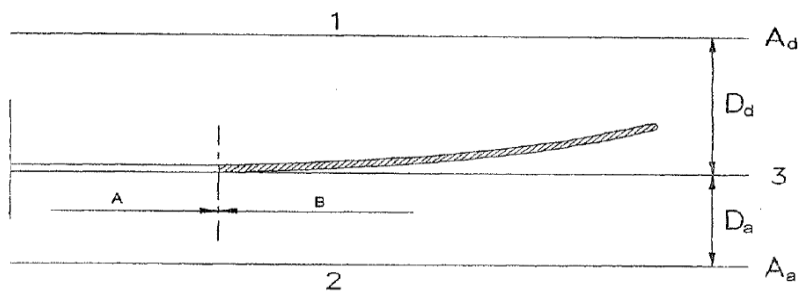
Fuente: Norma EN 1317 Parte 2

Ilustración 58. Desplazamiento lateral amortiguadores de impacto



Fuente: Norma EN 1317 Parte 3

Ilustración 59. Desplazamiento lateral terminales



Fuente: Norma EN 1317 Parte 4

Anexo 2. Condiciones de los ensayos de los sistemas de contención vehicular según norma EN 1317

Tabla 13. Condiciones de los ensayos para barreras de seguridad

Clase de contención	Nivel de contención	Tipo de vehículo	Condiciones de los ensayos			Denominación del ensayo
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo de impacto contra el SCV (°)	
Normal	N1	Turismo	1.500	80	20	TB31
	N2	Turismo Turismo	1.500 900	110 100	20 20	TB32 TB11
Alta	H1	Vehículo pesado no articulado Turismo	10.000 900	70 100	15 20	TB42 TB11
	H2	Autobús Turismo	13.000 900	70 100	20 20	TB51 TB11
	H3	Vehículo pesado no articulado Turismo	16.000 900	80 100	20 20	TB61 TB11
	L1	Vehículo pesado no articulado Turismo Turismo	10.000 1.500 900	70 110 100	15 20 20	TB42 TB32 TB11
	L2	Autobús Turismo Turismo	13.000 1.500 900	70 110 100	20 20 20	TB51 TB32 TB11
	L3	Vehículo pesado no articulado Turismo Turismo	16.000 1.500 900	80 110 100	20 20 20	TB61 TB32 TB11
Muy alta	H4a	Vehículo pesado no articulado Turismo	30.000 900	65 100	20 20	TB71 TB11
	H4b	Vehículo pesado articulado Turismo	38.000 900	65 100	20 20	TB81 TB11

Clase de contención	Nivel de contención	Tipo de vehículo	Condiciones de los ensayos			Denominación del ensayo
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo de impacto contra el SCV (°)	
	L4a	Vehículo pesado no articulado	30.000	65	20	TB71
		Turismo	1.500	110	20	TB32
		Turismo	900	100	20	TB11
	L4b	Vehículo pesado articulado	38.000	65	20	TB81
		Turismo	1.500	110	20	TB32
		Turismo	900	100	20	TB11

Fuente: ANSV, 2020 a partir de norma EN 1317 Parte 2

Tabla 14. Condiciones de los ensayos para amortiguadores de impacto

Nivel de comportamiento	Velocidad (km/h)	Masa total del vehículo (kg)	Aproximación	Denominación del ensayo
50	50	900	Frontal centrado	T.C. 1.1.50
	50	1.300	Impacto lateral a 15°	T.C. 4.2.50*
80/1	80	1.300	Frontal centrado	T.C. 1.2.80
	80	900	Frontal descentrado 1/4 del vehículo	T.C. 2.1.80
	80	1.300	Impacto lateral a 15°	T.C. 4.2.80*
80	80	900	Frontal centrado	T.C. 1.1.80
	80	1.300	Frontal centrado	T.C. 1.2.80
	80	900	Frontal descentrado 1/4 del vehículo	T.C. 2.1.80
	80	1.300	Frontal centrado a 15°	T.C. 3.2.80
	80	1.300	Impacto lateral a 15°	T.C. 4.2.80*
	80	1.300	Impacto lateral a 165°	T.C. 5.2.80*
100	100	900	Frontal centrado	T.C. 1.1.100
	100	1.300	Frontal centrado	T.C. 1.2.100
	100	900	Frontal descentrado 1/4 del vehículo	T.C. 2.1.100
	100	1.300	Frontal centrado a 15°	T.C. 3.2.100
	100	1.300	Impacto lateral a 15°	T.C. 4.2.100*
	100	1.300	Impacto lateral a 165°	T.C. 5.2.100*

Nivel de comportamiento	Velocidad (km/h)	Masa total del vehículo (kg)	Aproximación	Denominación del ensayo
110	100	900	Frontal centrado	T.C. 1.1.100
	110	1.500	Frontal centrado	T.C. 1.3.110
	100	900	Frontal descentrado 1/4 del vehículo	T.C. 2.1.100
	110	1.500	Frontal centrado a 15°	T.C. 3.3.110
	110	1.500	Impacto lateral a 15°	T.C. 4.3.110*
	110	1.500	Impacto lateral a 165°	T.C. 5.3.110*

* De aplicación en amortiguadores de impacto redirectivos.

Fuente: ANSV, 2020 a partir de norma EN 1317 Parte 3

Tabla 15. Condiciones de los ensayos para terminales

Clase de comportamiento	Velocidad (km/h)	Masa total del vehículo (kg)	Aproximación	Denominación del ensayo
P1	80	900	Frontal (0°)	TT 2.1.80
P2	80	900	Frontal (0°)	TT 2.1.80
	80	1.300	Lateral a 15°	TT 4.1.80
	80	900	Lateral a 165°	TT 5.1.80
P3	100	900	Frontal (0°)	TT 2.1.100
	100	1.300	Frontal (0°)	TT 1.2.100
	100	1.300	Lateral a 15°	TT 4.2.100
	100	900	Lateral a 165°	TT 5.1.100
P4	100	900	Frontal (0°)	TT 2.1.100

Clase de comportamiento	Velocidad (km/h)	Masa total del vehículo (kg)	Aproximación	Denominación del ensayo
	110	1.500	Frontal (0°)	TT 1.3.110
	110	1.500	Lateral a 15°	TT 4.3.110
	100	900	Lateral a 165°	TT 5.1.100

Fuente: ANSV, 2020 a partir de norma EN 1317 Parte

Anexo 3. Niveles de protección e índices biomecánicos TS 17342

Tabla 16. Nivel de protección TS 17342

Nivel de protección	Condiciones del impacto	
	Velocidad	Ángulo del impacto
C60	60	Centrado
	60	Entre dos postes
C70	70	Poscentrado
	70	Entre dos postes
D60	60	Centrado
	60	Desfasado
D70	70	Centrado
	70	Desfasado

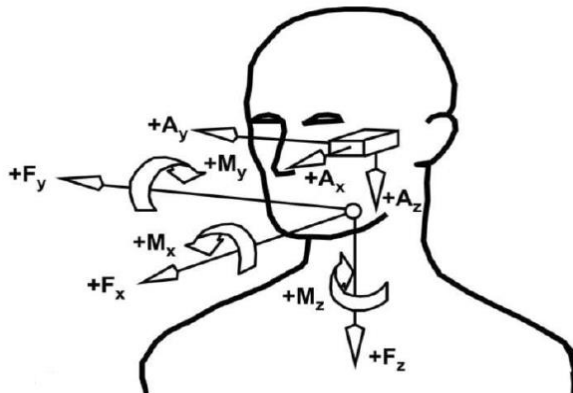
Fuente: ANSV, 2020 a partir de especificación técnica TS 17342

Tabla 17. Valores admisibles de los índices biomecánicos TS 17342

Nivel de severidad	Cabeza	Cuello					
	HIC Criterio de lesiones en la cabeza, basado en las aceleraciones a_x , a_y y a_z en la cabeza.	F _x Fuerza cortante antero-posterior en el cuello.	F _y Fuerza cortante lateral en el cuello.	F _z Fuerza de tracción / compresión en el cuello.	M _{cox} Momento de flexión lateral alrededor del cóndilo occipital	M _{coy} Momento de flexión/extensión alrededor del cóndilo occipital	M _z Momento torsional en el cuello
I	650	Los valores de estos índices se deben ajustar a los patrones de comportamiento definidos en la especificación técnica para cada uno de los índices.					
II	1000						

Fuente: ANSV, 2020 a partir de especificación técnica TS 17342

Ilustración 60. Aceleraciones, fuerzas y momentos del maniquí



Fuente: Norma TS 17342

Anexo 4. Criterios de evaluación NCHRP 350 y MASH

Tabla 18. Factores y criterios de evaluación de desempeño

Factor de evaluación	NCHRP 350		MASH 2009 Y 2016	Dispositivos a los que aplica el criterio de evaluación
	Criterio		Criterio	
Adecuación estructural	A	El SCV debe contener y redireccionar el vehículo. Se acepta una deflexión lateral controlada del SCV.	El SCV debe contener y redireccionar el vehículo. Se acepta una deflexión lateral controlada del SCV.	Criterio de evaluación para barreras de seguridad.
	B	El dispositivo debería activarse fácilmente rompiéndose, fracturándose o sirviendo de barrera.	El dispositivo debería activarse fácilmente rompiéndose, fracturándose o sirviendo de barrera.	Criterio de evaluación para estructuras de soporte, dispositivos para zonas de trabajo y postes de servicios públicos.
	C	Un desempeño aceptable del SCV puede ser por el redireccionamiento, penetración o detención controladas del vehículo.	Un desempeño aceptable del SCV puede ser por el redireccionamiento, penetración o detención controladas del vehículo.	Criterio de evaluación para terminales y amortiguadores de impacto.
Riesgo del ocupante	D	Ningún elemento o fragmento del SCV debe penetrar el vehículo, o presentar un riesgo indebido para el resto del tránsito.	Ningún elemento o fragmento del SCV debe penetrar el vehículo, o presentar un riesgo indebido para el resto del tránsito.	Criterio de evaluación para todos los dispositivos.
	E	Ningún elemento o fragmento del SCV debe obstaculizar la visión del conductor.	Ningún elemento o fragmento del SCV debe obstaculizar la visión del conductor.	Criterio de evaluación para estructuras de soporte, dispositivos para zonas de trabajo y postes de servicios públicos.
	F	El vehículo debe permanecer en posición vertical durante y después del choque. El balanceo y la oscilación son aceptables	El vehículo debe permanecer en posición vertical durante y después del choque. El ángulo máximo de balanceo no debe exceder 75 grados.	Todos, exceptos los enumerados en el criterio G

Factor de evaluación	NCHRP 350			MASH 2009 Y 2016			Dispositivos a los que aplica el criterio de evaluación	
	Criterio			Criterio				
	G	El vehículo debe permanecer en posición vertical durante y después del choque. (Preferible pero no esencial).			El vehículo debe permanecer en posición vertical durante y después del choque. (Preferible pero no esencial).			Criterios de evaluación para algunos niveles de barreras de seguridad, terminales y amortiguadores.
	H	Las velocidades de impacto de los ocupantes deben ajustarse a lo siguiente:			Las velocidades de impacto de los ocupantes deben ajustarse a lo siguiente:			Criterio de evaluación para barreras de seguridad, terminales y amortiguadores.
		Velocidad (m/s)			Velocidad (m/s)			
		Componente	Preferido	Máximo	Componente	Preferido	Máximo	
		Longitudinal y lateral	9	12	Longitudinal y lateral	9,1	12,2	
		Longitudinal	3	5	Longitudinal	3	4,9	
	I	La aceleración de los ocupantes debe ajustarse a lo siguiente:			La aceleración de los ocupantes debe ajustarse a lo siguiente:			Criterio de evaluación para barreras de seguridad, terminales y amortiguadores.
		Aceleración (G)			Aceleración (G)			
		Componente	Preferido		Componente	Preferido	Máximo	
		Longitudinal y lateral	15	Criterio de evaluación para barreras de seguridad, terminales y	Longitudinal y lateral	15	20,49	

Factor de evaluación	NCHRP 350			MASH 2009 Y 2016			Dispositivos a los que aplica el criterio de evaluación	
	Criterio			Criterio				
				amortigua dores.				
	J	Opcional. La respuesta del maniquí debe ajustarse a los criterios del Código de reglamento federales			Criterio de evaluación para algunos niveles de barreras de seguridad, terminales y amortiguadores.			Criterio de evaluación para algunos niveles de barreras de seguridad, terminales y amortiguadores.
Trayectoria vehicular	K	Es preferible que después del choque, el vehículo no interfiera en los carriles de tránsito adyacentes.			No aplica			Criterio de evaluación para todos los dispositivos.
	L	La velocidad de impacto en los ocupantes no debe superar los 12 m/s y la aceleración no debe exceder 20 G			No aplica			Criterio de evaluación para barreras de seguridad, terminales y amortiguadores de impacto.
	M	El ángulo de salida del SCV debe ser menos del 60 % del ángulo de impacto de ensayo.			No aplica			Criterio de evaluación para barreras de seguridad, terminales y amortiguadores de impacto.
	N	La trayectoria del vehículo detrás del SCV es aceptable.			La trayectoria del vehículo detrás del SCV es aceptable.			Criterio de evaluación para terminales, amortiguadores de impacto, estructuras de soporte, dispositivos para zonas de trabajo y postes de servicios públicos.

Fuente: ANSV, 2020 con base en NCHRP 3

Anexo 5. Condiciones de los ensayos NCHRP 350 y MASH

Tabla 19. Ensayos para barreras longitudinales

Nivel de ensayo	Sección barrera	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
1	Length of Need (LON) ²⁹	1-10	820	50	20	1.100	50	25	1.100	50	25
		S1-10 ^(a)	700	50	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-11	2000	50	25	2.270	50	25	2.270	50	25
	Transición	1-20	820	50	20	1.100	50	25	1.100	50	25
		S1-20 ^(a)	700	50	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-21	2000	50	25	2.270	50	25	2.270	50	25
2	(LON)	2-10	820	70	20	1.100	50	25	1.100	70	25
		S2-10 ^(a)	700	70	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-11	2000	70	25	2.270	50	25	2.270	70	25
	Transición	2-20	820	70	20	1.100	50	25	1.100	70	25
		S2-20 ^(a)	700	70	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-21	2000	70	25	2.270	70	25	2.270	70	25
3 (Nivel básico)	(LON)	3-10	820	100	20	1.100	70	25	1.100	100	25
		S3-10 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-11	2000	100	25	2.270	70	25	2.270	100	25

²⁹ Longitud de la barrera requerida para proteger a los vehículos del peligro.

Nivel de ensayo	Sección barrera	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
	Transición	3-20	820	100	20	1.100	70	25	1.100	100	25
		S3-20 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-21	2000	100	25	2.270	100	25	2.270	100	25
4	(LON)	4-10	820	100	20	1.100	100	25	1.100	100	25
		S4-10 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		4-11	2000	100	25	2.270	100	25	2.270	100	25
		4-12	8000	80	15	10.000	100	15	10.000	90	25
	Transición	4-20	820	100	20	1.100	100	25	1.100	100	25
		S4-20 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		4-21	2000	100	25	2.270	100	25	2.270	100	25
		4-22	8000	80	15	10.000	90	15	1.100	90	15
5	(LON)	5-10	820	100	20	1.100	100	25	1.100	100	25
		S5-10 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		5-11	2000	100	25	2.270	100	25	2.270	100	25
		5-12	36000 (V)	80	15	36.000 (V)	90	15	36.000 V	80	15
	Transición	5-20	820	100	20	1.100	100	25	1.100	100	25
		S5-20 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		5-21	2000	100	25	2.270	100	25	2.270	100	25
		5-22	36000 (V)	80	15	36.000 (V)	80	15	36.000 V	80	15

Nivel de ensayo	Sección barrera	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
6	(LON)	6-10	820	100	20	1.100	100	25	1.100	100	25
		S6-10 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		6-11	2000	100	25	2.270	100	25	2.270	100	25
		6-12	36000 (T)	80	15	36.000 (T)	80	15	36.000 T	80	15
	Transición	6-20	820	100	20	1.100	100	25	1.100	100	25
		S6-20 ^(a)	700	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		6-21	2000	100	25	2.270	100	25	2.270	100	25
		6-22	36000 (T)	80	15	36.000 (T)	80	15	36.000 T	80	15

(a) Ensayo opcional

Fuente: ANSV, 2020 con base en NCHRP 350

Tabla 20. Ensayos para terminales y amortiguadores de impacto

Nivel de ensayo	Dispositivo	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
1	Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos	1-30	820	50	0	1.100	50	0	1.100	50	0
		S1-30 ^(a)	700	50	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-31	2000	50	0	2.270	50	0	2.270	50	0

Nivel de ensayo	Dispositivo	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
		1-32	820	50	15	1.100	50	5/15	1.100	50	5/15
		S1-32 ^(a)	700	50	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-33	2000	50	15	2.270	50	5/15	2.270	50	5/15
		1-34 ^(b)	820	50	15	1.100	50	15	1.100	50	15
		S1-34 ^(a)	700	50	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-35 ^(b)	2000	50	20	2.270	50	25	2.270	50	25
		1-36 ^(b)	820	50	15	2.270	50	25	2.270	50	25
		S1-36 ^(a)	700	50	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-37	2000	50	20	2.270	50	25	2.270 1.100	50	25
		1-38	2000	50	20	1.500	50	0	1.500	50	0
		1-39	2000	50	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Amortiguadores de impacto no redirectivos	1-40	820	50	0	1.100	50	0	1.100	50	0
		S1-40 ^(a)	700	50	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-41	2000	50	0	2.270	50	0	2.270	50	0
		1-42	820	50	15	1.100	50	5/15	1.100	50	5/15
		S1-42 ^(a)	700	50	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		1-43	2000	50	15	2.270	50	5/15	2.270	50	5/15
		1-44	2000	50	20	2.270	50	20	2.270	50	20

Nivel de ensayo	Dispositivo	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
		1-45	NA	NA	NA	1.500	50	0	1.500	50	0
2	Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos	2-30	820	70	0	1.100	70	0	1.100	70	0
		S2-30 ^(a)	700	70	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-31	2000	70	0	2.270	70	0	2.270	70	0
		2-32	820	70	15	1.100	70	5/15	1.100	70	5/15
		S2-32 ^(a)	700	70	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-33	2000	70	15	2.270	70	5/15	2.270	70	5/15
		2-34	820	70	15	1.100	70	15	1.100	70	15
		S2-34 ^(a)	700	70	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-35	2000	70	20	2.270	70	25	2.270	70	25
		2-36	820	70	15	2.270	70	25	2.270	70	25
		S2-36 ^(a)	700	70	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-37	2000	70	20	2.270	70	25	2.270	70	25
									1.100		
		2-38	2000	70	20	1.500	70	0	1.500	70	0
		2-39	2000	70	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Amortiguadores de impacto no redirectivos	2-40	820	70	0	1.100	70	0	1.100	70	0
		S2-40 ^(a)	700	70	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-41	2000	70	0	2.270	70	0	2.270	70	0

Nivel de ensayo	Dispositivo	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
3		2-42	820	70	15	1.100	70	5/15	1.100	70	5/15
		S2-42 ^(a)	700	70	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		2-43	2000	70	15	2.270	70	5/15	2.270	70	5/15
		2-44	2000	70	20	2.270	70	20	2.270	70	20
		2-45	NA	NA	NA	1.500	70	0	1.500	70	0
	Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos	3-30	820	100	0	1.100	100	0	1.100	100	0
		S2-30 ^(a)	700	100	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-31	2000	100	0	2.270	100	0	2.270	100	0
		3-32	820	100	15	1.100	100	5/15	1.100	100	5/15
		S2-32 ^(a)	700	100	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-33	2000	100	15	2.270	100	5/15	2.270	100	5/15
		3-34	820	100	15	1.100	100	15	1.100	100	15
		S2-34 ^(a)	700	100	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-35	2000	100	20	2.270	100	25	2.270	100	25
		3-36	820	100	15	2.270	100	25	2.270	100	25
		S2-36 ^(a)	700	100	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-37	2000	100	20	2.270	100	25	2.270	100	25
									1.100		
		3-38	2000	100	20	1.500	100	0	1.500	100	0

Nivel de ensayo	Dispositivo	Código del ensayo	NCHRP 350			MASH 2009			MASH 2016		
			Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Ángulo del impacto (°)
		3-39	2000	100	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Amortiguadores de impacto no redirectivos	3-40	820	100	0	1.100	100	0	1.100	100	0
		S2-40 ^(a)	700	100	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-41	2000	100	0	2.270	100	0	2.270	100	0
		3-42	820	100	15	1.100	100	5/15	1.100	100	5/15
		S2-42 ^(a)	700	100	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		3-43	2000	100	15	2.270	100	5/15	2.270	100	5/15
		3-44	2000	100	20	2.270	100	20	2.270	100	20
		3-45	NA	NA	NA	1.500	100	0	1.500	100	0

(a) Ensayo opcional

Fuente: ANSV, 2020 con base en NCHRP 35

