



***INFORME TÉCNICO RELATIVO AL
ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LOS
SISTEMAS DE SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA
DE MOTOCICLETAS Y DE AQUELLOS QUE SE
AÑADAN AL EQUIPAMIENTO DEL MOTORISTA***

DESARROLLADO POR INSIA

(Instituto Universitario de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo)

PARA DGT

(Dirección General de Tráfico)

Madrid, marzo de 2021

TÍTULO: INFORME TÉCNICO RELATIVO AL ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA DE MOTOCICLETAS Y DE AQUELLOS QUE SE AÑADAN AL EQUIPAMIENTO DEL MOTORISTA (Expediente: 3DGT00000397)

REALIZADO POR: INSIA (Instituto Universitario de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo)

FINANCIADO POR: DGT (Dirección General de Tráfico)

FECHA: MARZO DE 2021

EQUIPO DE TRABAJO:

Director:

- PAÉZ AYUSO, Fco JAVIER. Subdirector de Formación y Difusión del INSIA

Investigadores:

- LOSADA ARIAS, ÁNGEL. Investigador del INSIA

CONTENIDOS:

La incorporación de dispositivos que mejoran las condiciones de seguridad de motocicletas ha tenido históricamente un retraso respecto a su implementación en vehículos automóviles. Esto ha estado motivado por razones tanto técnicas como económicas. Debido a ello, la normativa aplicable a dichas motocicletas y sus ocupantes se ha desarrollado de manera separada a la del resto de vehículos de carretera.

El objeto de este informe técnico ha consistido en la descripción de las características de funcionamiento de los principales sistemas de seguridad embarcados en las motocicletas (categoría L3e) y de aquellos que se añaden al equipamiento del motorista.

Posteriormente se ha llevado a cabo un análisis de la efectividad de estos sistemas desde el punto de vista de la reducción de accidentes y de la disminución de las lesiones de los ocupantes accidentados, a partir de la recopilación de la bibliografía científica disponible.

Dicho análisis se ha complementado con la revisión de la normativa que afecta a cada uno de estos sistemas.

Finalmente, se ha estimado la presencia en la flota actual de motocicletas del sistema de frenado antibloqueo ABS, así como la evolución de dicha presencia a lo largo de las dos últimas décadas (2000 - 2019), a partir de la información contenida en la base de datos de nuevas matriculaciones y bajas de la Dirección General de Tráfico relativa a estos vehículos.

El formato final para la difusión de este trabajo ha constado de un informe, conteniendo las principales conclusiones y recomendaciones, y de un conjunto de fichas resumen de cada uno de los sistemas contemplados en este estudio.

PALABRAS CLAVE:

Motocicletas, sistemas de seguridad, seguridad primaria, seguridad secundaria, seguridad terciaria, equipamiento de motorista, efectividad de sistemas, normativa

© DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO
EDITA: DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO

C/ Josefa Valcárcel nº 44
28027 MADRID

REALIZA: Observatorio Nacional de Seguridad Vial

NIPO: 128-21-019-3
ISSN: 2445-0219

Fotografía: Dirección General de Tráfico
Imprime: ESTUGRAF IMPRESORES, S.L.

Catálogo general de publicaciones oficiales: <http://publicacionesoficiales.boe.es/>

En esta publicación se ha utilizado papel reciclado libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.

Índice de materias

- 11** 1. INTRODUCCIÓN
- 23** 2. OBJETIVOS
- 25** 3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD
 - 3.1. Clasificación de los sistemas de seguridad
 - 3.2. Sistemas de seguridad de motocicletas
 - 3.2.1. Sistemas de protección primaria
 - 3.2.1.1. El neumático
 - 3.2.1.2. Circulación en curva de motocicletas
 - 3.2.1.3. Maniobra de frenado en motocicletas
 - 3.2.1.4. Maniobra de tracción en motocicletas
 - 3.2.1.5. Sistema de control de la presión de los neumáticos (TPMS)
 - 3.2.1.6. Sistema de frenado antibloqueo (ABS)
 - 3.2.1.7. Sistema de frenado combinado (CBS)
 - 3.2.1.8. Sistema de control de tracción (TC)
 - 3.2.1.9. Sistema de frenado antibloqueo en curva (Cornering ABS)
 - 3.2.1.10. Sistema de control de estabilidad (MSC)
 - 3.2.1.11. Sistema de control adaptativo de velocidad (ACC)
 - 3.2.1.12. Sistema asistente de velocidad inteligente (ISA)
 - 3.2.1.13. Sistemas de ayuda al cambio de carril (LCDAS)
 - 3.2.1.14. Detector de ángulo muerto (BSD)
 - 3.2.1.15. Suspensión electrónica (ESA)
 - 3.2.2. Sistemas de protección secundaria
 - 3.2.2.1. Airbag
 - 3.2.3. Sistemas de protección terciaria
 - 3.2.3.1. Sistema e-Call
 - 3.3. Sistemas de seguridad de motoristas
 - 3.3.1. Sistemas de protección primaria
 - 3.3.1.1. Casco y ropa de protección
 - 3.3.2. Sistemas de protección secundaria
 - 3.3.2.1. Casco
 - 3.3.2.2. Chaquetas y pantalones

- 3.3.2.3. Protectores
- 3.3.2.4. Guantes
- 3.3.2.5. Botas
- 3.3.2.6. Airbag

- 3.4. El futuro de los sistemas de protección
 - 3.4.1. Proyecto SAFERIDER
 - 3.4.2. Connected Motorcycle Consortium (CMC)
 - 3.4.3. Sistema de frenada de emergencia autónoma para motocicletas (MAEB)

99 4. ANÁLISIS DE EFECTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

- 4.1. Sistemas de seguridad de motocicletas
 - 4.1.1. Sistemas de protección primaria
 - 4.1.1.1. Sistema de control de la presión de los neumáticos (TPMS)
 - 4.1.1.2. Sistema de frenado antibloqueo (ABS)
 - 4.1.1.3. Sistema de frenado combinado (CBS)
 - 4.1.1.4. Sistema de control de estabilidad (MSC)
 - 4.1.1.5. Sistema asistente de velocidad inteligente (ISA)
 - 4.1.2. Sistemas de protección secundaria
 - 4.1.2.1. Airbag
- 4.2. Sistemas de seguridad de motoristas
 - 4.2.1. Sistemas de protección primaria
 - 4.2.1.1. Casco y ropa de protección
 - 4.2.2. Sistemas de protección secundaria
 - 4.2.2.1. Casco
 - 4.2.2.2. Chaquetas y pantalones
 - 4.2.2.3. Protectores
 - 4.2.2.4. Guantes
 - 4.2.2.5. Botas
 - 4.2.2.6. Airbag
- 4.3. Resultados

133 5. RECOPIACIÓN DE LA NORMATIVA NACIONAL Y EUROPEA

- 5.1. Sistemas de seguridad de motocicletas
 - 5.1.1. Sistemas de protección primaria
 - 5.1.1.1. Sistema de control de la presión de los neumáticos (TPMS)
 - 5.1.1.2. Sistema de frenado antibloqueo (ABS)
 - 5.1.1.3. Sistema de frenado combinado (CBS)
 - 5.1.1.4. Sistema de control adaptativo de velocidad (ACC)
 - 5.1.1.5. Sistema asistente de velocidad inteligente (ISA)
 - 5.1.1.6. Sistemas de ayuda al cambio de carril (LCDAS)
- 5.2. Sistemas de seguridad de motoristas
 - 5.2.1. Sistemas de protección primaria

-
- 5.2.1.1. Casco y ropa de protección
 - 5.2.2. Sistemas de protección secundaria
 - 5.2.2.1. Casco
 - 5.2.2.2. Chaquetas y pantalones
 - 5.2.2.3. Protectores
 - 5.2.2.4. Guantes
 - 5.2.2.5. Botas
 - 5.2.2.6. Airbag

5.3. Resultados

- 193** 6. ESTUDIO DE PRESENCIA DEL SISTEMA ABS EN LA FLOTA ACTUAL DE ESTOS VEHÍCULOS
- 201** 7. FICHA RESUMEN DE SISTEMAS DE SEGURIDAD
- 233** 8. CONCLUSIONES
- 243** 9. RECOMENDACIONES
- 245** 10. REFERENCIAS

Resumen ejecutivo

La incorporación de dispositivos que mejoran las condiciones de seguridad de motocicletas ha tenido históricamente un retraso respecto a su implementación en vehículos automóviles. Esto ha estado motivado por razones tanto técnicas como económicas. Debido a ello, la normativa aplicable a dichas motocicletas y sus ocupantes se ha desarrollado de manera separada a la del resto de vehículos de carretera.

En este informe tienen la consideración de “motocicleta” aquellos vehículos que se incluyen dentro de la categoría L3e (vehículos de dos ruedas que no puedan clasificarse como ciclos o ciclomotores, según el Reglamento (UE) N° 168/2013). Los requisitos para la homologación de tipo de los vehículos de categoría L (vehículos de motor con dos o tres ruedas y cuadriciclos destinados a circular por carretera) están contenidos en el citado Reglamento (UE) N° 168/2013, aunque algunos de los sistemas actualmente embarcados en estos vehículos no están incluidos en dicho reglamento. Por otro lado, la ropa de protección utilizada por los motoristas está incluida en el Reglamento (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual, aunque los cascos y pantallas quedan excluidos del mismo ya que cuentan con el suyo propio (Reglamento CEPE/ONU 22R05).

La fase inicial de este informe técnico, financiado por la Dirección General de Tráfico (DGT), ha consistido en una revisión de las principales características de funcionamiento de los sistemas de seguridad embarcados en las motocicletas y de aquellos que se añaden al equipamiento del motorista, y que se encuentran actualmente en el mercado.

La gran mayoría de los sistemas embarcados en la motocicleta actúan durante la etapa de seguridad primaria o activa. Incluyen tanto los dispositivos que pueden evitar situaciones de emergencia (sistemas de control de la presión del neumático, de frenado combinado, de control adaptativo de velocidad, asistentes de velocidad inteligente, o de ayuda al cambio de carril), como aquellos que ayudan activamente al conductor a gestionar dichas situaciones de emergencia para que no se produzca un accidente (sistemas de frenado antibloqueo en recta y en curva, de control de tracción, o de control de estabilidad). Constituyen los sistemas más prometedores desde el punto de vista de la reducción de víctimas en accidentes de tráfico. A éstos también se añaden algún sistema de seguridad secundaria (airbag), y de seguridad terciaria (sistema eCall).

Por otro lado, la gran parte de los sistemas de seguridad del motorista intervienen durante la etapa de seguridad secundaria o pasiva, con el objetivo de reducir las consecuencias del accidente una vez que éste ha ocurrido. Son casco, chaqueta y pantalón, guantes, botas, protectores en articula-

ciones, espalda y pecho, o airbag. Algunos de estos sistemas también contribuyen a la seguridad primaria, mediante la mejora de la visibilidad del motorista.

Posteriormente se ha llevado a cabo un análisis de la efectividad de estos sistemas desde el punto de vista de la reducción de accidentes y de la disminución de las lesiones de los ocupantes accidentados, a partir de la recopilación de la bibliografía científica disponible. Junto a esto, se han examinado las investigaciones desarrolladas en más de 20 proyectos y consorcios internacionales, ejecutados durante los últimos 25 años.

Una de las maniobras críticas durante la conducción de motocicletas es la ejecución de una frenada severa, la cual entraña un riesgo mucho más elevado que en un vehículo automóvil. La efectividad de los sistemas avanzados de frenado (sistema de frenado antibloqueo ABS y sistema de frenado combinado CBS), ampliamente documentada mediante numerosos estudios científicos, ha justificado la obligatoriedad de montaje de estos sistemas en vehículos de la categoría L3e, la cual se estableció en el Reglamento (UE) N° 168/2013, para cualquier vehículo existente, a partir del 1 de enero de 2017.

La obligatoriedad de instalación de sistemas avanzados de frenado en la categoría L3e ha ayudado notablemente a la presencia masiva del sistema de frenado antibloqueo ABS en el parque de motocicletas. En el año 2019 este sistema estuvo disponible en el 24% de la flota de vehículos L3e, 21% como equipo de serie. Si la tendencia, iniciada en el año 2016, de incorporación masiva del sistema ABS en la flota de vehículos L3e se mantiene, en el año 2025 aproximadamente el 50% de la flota dispondría de este dispositivo de seguridad; siendo el 48% como equipo de serie.

Diversos estudios teórico-experimentales han concluido que la disminución de la presión en los neumáticos de la motocicleta respecto a la nominal empeora las condiciones de estabilidad de la misma. La obligatoriedad de montaje de los sistemas de control de la presión TPMS de los neumáticos en los vehículos de la categoría M₁ (vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo) debería extenderse a los vehículos de la categoría L, tomando en consideración evidencias de efectividad similares a las que justificaron su aplicación a dicha categoría M₁.

Numerosos estudios han concluido que la velocidad de circulación constituye una de las principales variables de influencia tanto en la ocurrencia de los accidentes como en la gravedad de los mismos. Los sistemas asistentes de velocidad inteligente ISA, como dispositivos que ayudan al conductor a mantener la velocidad adecuada al entorno de la vía proporcionándole información específica y adecuada, van a ser obligatorios en vehículos automóviles a partir del año 2022, pero no aplican actualmente a las motocicletas.

Otro de los sistemas embarcado en motocicletas recientemente es el sistema de control de estabilidad MSC. La efectividad del sistema MSC ha sido analizada por algunos autores. En el caso del resto de los sistemas de la motocicleta incorporados más recientemente (sistema de frenado antibloqueo en curva Cornering ABS, sistema de control adaptativo de velocidad ACC, sistema de ayuda al cambio de carril LCDAS, detector de ángulo muerto BSD o suspensión electrónica ESA) no se han encontrado todavía evidencias científicas de dicha efectividad, lo cual no invalida a priori su interés para la disminución de los accidentes.

Tomando en consideración la efectividad estimada de algunos de los sistemas embarcados en la motocicleta, debería evaluarse la obligatoriedad de su instalación. Asimismo, en el caso de la homo-

logación de los sistemas avanzados de frenado y debido a que la maniobra de frenado resulta especialmente crítica en el caso de circulación en curva de estos vehículos, debería evaluarse la idoneidad de incorporar requisitos de seguridad funcional adicionales que tengan en cuenta dicha maniobra de frenado en curva, y que permitan la evaluación del comportamiento de los sistemas de frenado antibloqueo en curva y de los sistemas de control de estabilidad.

Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que una parte de dicha efectividad está condicionada por la formación de que disponga el motorista sobre su funcionamiento y utilización. Existe una gran variedad de tecnologías disponibles, y la actuación del motorista debe ser adecuada a cada una de ellas. Debido a ello, es indispensable formar correctamente a los motoristas sobre el uso de dichos sistemas. Esto ayudaría notablemente a que dichos conductores tomaran conciencia de los posibles riesgos que pueden encontrarse en la carretera con el fin de evitarlos o controlarlos, y ejecutar las maniobras de emergencia con la confianza requerida.

Por otro lado, ha quedado documentada mediante numerosos estudios científicos la efectividad de los sistemas de seguridad del motorista (casco, chaqueta y pantalón, guantes, botas, protectores en articulaciones, espalda y pecho, o airbag) para la reducción de las lesiones en los ocupantes de las motocicletas accidentadas. Debido a dicha efectividad, debería evaluarse la obligatoriedad del uso de cada uno de estos dispositivos.

Junto a lo anterior, el casco contribuye significativamente a la visibilidad del motorista por otros usuarios de la vía, por lo que desempeña un papel muy relevante en la reducción del riesgo de ocurrencia de accidentes con implicación de motocicletas. Algunos estudios concluyeron que el uso de chaleco reflectante y casco con colores brillantes fue efectivo en la mejora de la identificación de dichas motocicletas.

Esta efectividad está recogida en el Reglamento CEPE/ONU 22R05, el cual contiene especificaciones relativas al mercado de visibilidad de los cascos. Dicho mercado es de obligado cumplimiento en algunos países, como Francia, pero no en España, por lo que debería evaluarse la obligatoriedad de uso de dicho mercado.

Finalmente, una parte significativa de las lesiones en el cuello de los ocupantes de las motocicletas accidentadas es debida a cargas indirectas. A pesar de la disponibilidad en el mercado de dispositivos protectores del cuello, no existe ninguna norma cuyos requisitos sean aplicables a estos dispositivos. Debido a la importancia de estas lesiones, debería promoverse el desarrollo de una norma conteniendo requisitos que regulen dichos elementos de protección.



Josefa Valcárcel, 44 - 28071 Madrid