



# Desarrollo y aplicación de una metodología integrada para el estudio de los accidentes de tráfico con implicación de furgonetas



## FURGOSEG

Development and application of an integrated methodology for the study of road accidents with involvement of vans

Editores: Francisco Aparicio Izquierdo,  
Blanca Arenas Ramírez.



**Título:** Desarrollo y aplicación de una metodología integrada para el estudio de los accidentes de tráfico con implicación de furgonetas

**Title:** Development and application of an integrated methodology for the study of road accidents with involvement of vans

**Editores:** Francisco Aparicio Izquierdo, Blanca Arenas Ramírez.

**Financiado por:** Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011. MICINN.

**Otros colaboradores:** Dirección General de Tráfico

**Proyecto:** Proyecto P24/08 FURGOSEG. Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008 – 2011. Obj. 10 del PCCSEGVAUTO II. Ref. P2009/DPI-1509 del Gobierno Regional de Madrid.

**Director del Proyecto:** Francisco Aparicio Izquierdo

**Claves de contenido:** Accidentes, furgonetas, movilidad, parque, seguridad activa y pasiva, mantenimiento de vehículos, modelo DRAG, seguridad vial, encuestas, Minería de datos, accidentes en profundidad, modelo de causalidad HFF, costes de accidentes, ensayos dinámicos

**Idioma:** Español

**Editorial:** Universidad Politécnica de Madrid Publicaciones  
(Gabinete Rector)  
Av. Ramiro de Maeztu, 7  
Madrid. 28040.  
Tel. 91 3366126  
[www.upm.es](http://www.upm.es)

**ISBN:** 978-84-96398-66-5

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	8
INTRODUCCIÓN	9
1. RESUMEN.	12
2. ABSTRACT	16
3. ACCIDENTES Y VÍCTIMAS EN ACCIDENTES DE TRÁFICO CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS. DIMENSIÓN DEL PROBLEMA Y EVOLUCIÓN.	20
4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL PROYECTO FURGOSEG	27
5. METODOLOGÍA INTEGRADA PARA EL ESTUDIO DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA EN LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS.	38
6. PARQUE DE FURGONETAS: TIPOS, EDAD Y SISTEMAS DE SEGURIDAD.	80
7. CONDUCTORES.	96
8. MOVILIDAD Y EXPLOTACIÓN DE FURGONETAS.	101
9. MOVILIDAD URBANA DE FURGONETAS	112
10. MANTENIMIENTO DE FURGONETAS	121
11. COMPORTAMIENTO ACCIDENTOLÓGICO DE FURGONETAS: ACCIDENTES, TIPOS, FACTORES DE INFLUENCIA Y COMPARACIÓN CON OTROS COLECTIVOS	129
12. INFLUENCIA DE FACTORES SOCIOECONÓMICOS, LEGISLATIVOS, DE CONTROL Y OTROS SOBRE ACCIDENTES Y VÍCTIMAS EN ACCIDENTES CON FURGONETAS	139
13. EFECTOS POTENCIALES SOBRE LA SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA DE DIFERENTES SISTEMAS DE SEGURIDAD	156

14. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE FURGONETAS.	173
15. COSTES DE LOS ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS	189
16. INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD DE FURGONETAS	192
17. ANÁLISIS INTEGRADO DE LOS ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS. PRINCIPALES CONCLUSIONES.	205
18. RECOMENDACIONES.	242

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1. EVOLUCIÓN ANUAL DEL NÚMERO DE ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS Y CAMIONES LIGEROS EN EUROPA. PERÍODO 2001-2007.	21
FIGURA 2. EVOLUCIÓN ANUAL DEL PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DEL NÚMERO DE ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS Y CAMIONES LIGEROS EN EUROPA. PERÍODO 2001-2007.	21
FIGURA 3. EVOLUCIÓN ANUAL DEL NÚMERO DE ACCIDENTES, CON VÍCTIMAS Y MORTALES, CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS Y CAMIONES LIGEROS EN ESPAÑA. PERÍODO 2000-2010.	22
FIGURA 4. EVOLUCIÓN ANUAL DEL NÚMERO DE FALLECIDOS MÁS HERIDOS GRAVES EN ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS Y CAMIONES LIGEROS EN ESPAÑA. PERÍODO 2000-2010.	23
FIGURA 5. COMPARACIÓN TASA: NÚMERO DE FALLECIDOS EN ACCIDENTES FRONTALES (2 VEH) / ACCIDENTE CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS _ CAMIONES LIGEROS Y TURISMOS EN ESPAÑA. PERÍODO 2000-2010.	24
FIGURA 6. COMPARACIÓN ÍNDICE (2000=100): NÚMERO DE ACCIDENTES MORTALES CON IMPLICACIÓN DE TIPO DE VEHÍCULOS (FURGONETAS _ CAMIONES LIGEROS – TURISMOS – CAMIONES PESADOS – AUTOBUSES Y AUTOCARES) CON FACTOR CONCURRENTENTE “MAL ESTADO DEL VEHÍCULO”. ESPAÑA. PERÍODO 2000-2010.	24
FIGURA 7. COMPARACIÓN ÍNDICE (2000=100): NÚMERO DE MUERTOS (ENTRE OCUPANTES DE FURGONETAS _ CAMIONES LIGEROS Y QUE NO USABAN EL CINTURÓN DE SEGURIDAD. ESPAÑA. PERÍODO 2000-2010.	25
FIGURA 8. COMPARACIÓN ÍNDICE (2000=100): NÚMERO DE HERIDOS GRAVES (ENTRE OCUPANTES DE FURGONETAS _ CAMIONES LIGEROS Y QUE NO USABAN EL CINTURÓN DE SEGURIDAD. ESPAÑA. PERÍODO 2000-2010.	25
FIGURA 9. FACTORES DE INFLUENCIA EN ACCIDENTES DE TRÁFICO. F. APARICIO.(2010).	39
FIGURA 10. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FURGOSEG. F. APARICIO.(2008).	39
FIGURA 11. FACTORES DE INFLUENCIA EN ACCIDENTES DE TRÁFICO. F. APARICIO, B. ARENAS. PROYECTO FURGOSEG.(2012).	43
FIGURA 12. METODOLOGÍA INTEGRADA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES. F. APARICIO, B. ARENAS. PROYECTO FURGOSEG.(2012).	48
FIGURA 13. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA HUMAN FUNCTIONAL FAILURES IN ROAD ACCIDENT CAUSATION PROCESS (HFF).	52
FIGURA 14. TRATAMIENTO DE DATOS E INTERRELACIÓN ENTRE BBDD.	53
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE LA MUESTRA	64
FIGURA 16. CIFRAS GLOBALES 2000-2008	80
FIGURA 17. EVOLUCIÓN DEL PARQUE POR SEGMENTOS	82
FIGURA 18. VARIACIÓN COMPOSICIÓN PARQUE FURGONETAS 2000-2008 POR ANTIGÜEDAD	82
FIGURA 19. ANÁLISIS DE RECORRIDOS: GRUPO A (REPARTO)	113

FIGURA 20. ANÁLISIS DE RECORRIDOS: GRUPO B (ALIMENTACIÓN)	114
FIGURA 21. ANÁLISIS DE RECORRIDOS: GRUPO C (SERVICIOS)	114
FIGURA 22. ANÁLISIS DE RECORRIDOS: GRUPO D (CONSTRUCCIÓN)	115
FIGURA 23. ANÁLISIS DE RECORRIDOS: GRUPO E (AUTÓNOMOS)	115
FIGURA 24. CLASIFICACIÓN FINAL DE FURGONETAS POR TIPO DE MERCANCÍAS	117
FIGURA 25. EVOLUCIÓN DE LA PRESENCIA DEL ABS EN LAS FURGONETAS DEL PARQUE DE 2008 EN FUNCIÓN DEL AÑO DE MATRICULACIÓN	167
FIGURA 26. EVOLUCIÓN DE LA PRESENCIA DEL ESP EN LAS FURGONETAS DEL PARQUE DE 2008 EN FUNCIÓN DEL AÑO DE MATRICULACIÓN	167
FIGURA 27. EVOLUCIÓN DE LA PRESENCIA DEL LIMITADOR DE VELOCIDAD EN LAS FURGONETAS DEL PARQUE DE 2008 EN FUNCIÓN DEL AÑO DE MATRICULACIÓN	168
FIGURA 28. MODELO DE VEHÍCULO PARA EL ESTUDIO DE LAS VELOCIDAD LÍMITE DE DERRAPE Y VUELCO 2008	173
FIGURA 29. VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE DIRECCIÓN CON LA VELOCIDAD EN VEHÍCULOS NEUTROS SUBVIRADORES Y SOBREVIRADORES, AL DESCRIBIR UNA TRAYECTORIA DE RADIO CONSTANTE.	176
FIGURA 30. AJUSTE DEL COEFICIENTE DE VIRAJE A LOS DATOS EXPERIMENTALES	183
FIGURA 31. COMPARACIÓN DE LA GANANCIA DE ACELERACIÓN LATERAL MEDIDA EXPERIMENTALMENTE Y CALCULADA A PARTIR DEL Kv AJUSTADO	184
FIGURA 32. COMPARACIÓN DE LA GANANCIA DE VELOCIDAD DE GUIÑADA MEDIDA EXPERIMENTALMENTE Y CALCULADA A PARTIR DEL Kv AJUSTADO	184
FIGURA 33. COMPARACIÓN DE LA GANANCIA DE CURVATURA MEDIDA EXPERIMENTALMENTE Y CALCULADA A PARTIR DEL Kv AJUSTADO	185
FIGURA 34. COSTES DE LOS ACCIDENTES CON VÍCTIMAS CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS EN ESPAÑA EN EL AÑO 2008.	189
FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTES DE LOS ACCIDENTES CON VÍCTIMAS CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS EN ESPAÑA EN EL AÑO 2008, RESPECTO A SUS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS.	190
FIGURA 36. COSTES UNITARIOS POR ACCIDENTE, DE LOS ACCIDENTES CON VÍCTIMAS TOTALES Y CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS EN ESPAÑA EN EL AÑO 2008.	190

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	LISTA INICIAL DE SISTEMAS	57
TABLA 2.	EVOLUCIÓN 2000-2008 PARQUE FURGONETAS SEGÚN ANTIGÜEDAD Y SEGMENTOS	84
TABLA 3.	PARQUE FURGONETAS 2008. MARCAS Y MODELOS MÁS REPRESENTATIVOS	84
TABLA 4.	EQUIPAMIENTOS CON ELEVADA PRESENCIA EN EL PARQUE	86
TABLA 5.	EQUIPAMIENTOS CON PRESENCIA MEDIA EN EL PARQUE	86
TABLA 6.	EQUIPAMIENTOS CON PRESENCIA BAJA EN EL PARQUE	87
TABLA 7.	RESULTADOS PARA EL ESTIMADOR VEHÍCULO-KM. ENCUESTAS FURGOSEG (2009). INTEGRADO NACIONAL Y REGIONAL (8) POR GRUPOS Y GLOBAL	102
TABLA 8.	MOVILIDAD (EN VEHÍCULO-KM) DE FURGONETAS. AÑO 2009, FUENTE: FURGOSEG. IEA	104
TABLA 9.	ANÁLISIS DE VELOCIDADES, MADRID	116
TABLA 10.	TIPO DE RECORRIDO DE CADA GRUPO DE MERCANCÍA SEGÚN LOS CRITERIOS	118
TABLA 11.	MATRIZ DE IMPACTOS DIRECTOS DE MODELOS DRAG DE SEGURIDAD	141
TABLA 12.	RESULTADOS DE LOS MODELOS: NÚMERO DE ACCIDENTES MORTALES Y NÚMERO DE ACCIDENTES CON MUERTOS Y HERIDOS GRAVES	145
TABLA 13.	RESULTADOS DE LOS MODELOS: NÚMERO DE VÍCTIMAS MORTALES Y NÚMERO DE HERIDOS GRAVES	148
TABLA 14.	PARQUE DE FURGONETAS EN ESPAÑA EN 2008	165
TABLA 15.	ACCIDENTES DONDE AL MENOS UNO DE LOS VEHÍCULOS IMPLICADOS ES FURGONETA	168
TABLA 16.	ESTIMACIONES DE REDUCCIÓN DE ACCIDENTES, MUERTOS Y HERIDOS POR LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS DE SEGURIDAD ACTIVA EN LAS FURGONETAS	169
TABLA 17.	VEHÍCULOS ENSAYADOS	177
TABLA 18.	VARIABLES A MEDIR	179
TABLA 19.	INSTRUMENTACIÓN	181
TABLA 20.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FRENADO	182
TABLA 21.	RESULTADOS DEL COEFICIENTE DE VIRAJE AJUSTADO A PARTIR DE LOS DATOS EXPERIMENTALES	185
TABLA 22.	RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VIRADOR	186
TABLA 23.	RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES ANTE UNA ENTRADA DE VOLANTE SENOIDA	187

# AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento personal de los autores a las entidades y personas que se citan a continuación: por su apoyo al proyecto, por la aportación de datos necesarios para ejecutar algunas de las tareas o por las excelentes aportaciones realizadas en el marco de los diferentes paquetes de trabajo.

A la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

A la Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento.

Al Centro de Innovación para la Logística y el transporte por carretera (CITET), Asociación Española de Entidades Colaboradoras de la administración en la Inspección Técnica de Vehículos (AECA-ITV) y empresas APPLUS, TUV, SUPERVISIÓN Y CONTROL.

A las empresas de paquetería SEUR, AZKAR y BOYACA, ANT.SL y personal de apoyo en las Comunidades Autónomas de Aragón, Asturias, Castilla León, Cantabria, Extremadura, Castilla La Mancha, Galicia, La Rioja, Madrid, Navarra y Valencia.

A los investigadores que participaron en el Proyecto P24/08 FURGOSEG. Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008 – 2011.

A los investigadores en formación Dña. Elisa Gallego Tellechea, Dña. Bahar Dadashova.

A personal de apoyo de INSIA D. Francisco Marcos Izquierdo y Dña. Edinalba Gomes Bastos.

# DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA INTEGRADA PARA EL ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS

[ DEVELOPMENT AND APPLICATION OF AN INTEGRATED METHODOLOGY FOR THE STUDY OF ROAD ACCIDENTS WITH INVOLVEMENT OF VANS]

Durante los años 2005 y 2006, el número de accidentes con víctimas creció en España, separándose de la tendencia en la reducción producida, en relación con otros tipos de vehículos, en el mismo periodo. Estos datos indujeron al equipo investigador a someter el proyecto FURGOSEG, en el que se han desarrollado los conocimientos que se incluyen en este trabajo, al Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008 – 2011, incluyendo manifestaciones de interés en el mismo de las Direcciones Generales de Tráfico y de Transporte Terrestre. El proyecto fue positivamente evaluado y contó con financiación, la cual ha permitido alcanzar los objetivos previstos, orientados a profundizar en el conocimiento de los fenómenos relacionados con los accidentes de furgonetas, aplicando una metodología integrada desarrollada en el marco del propio proyecto.

En el proyecto citado, que tiene por título “Desarrollo y aplicación de una metodología integrada para el estudio de los accidentes de tráfico con implicación de furgonetas. FURGOSEG” se han llevado a cabo diferentes estudios de los que se han obtenido los siguientes resultados generales:

- i. Un conocimiento amplio y profundo de la movilidad de las furgonetas, en España, concerniente a usos, condiciones de explotación, conductores, vehículos y otros. Este conocimiento, extraído de una encuesta realizada a una muestra representativa de la población española de usuarios de este tipo de vehículos y de estudios de campo desarrollados en el ámbito urbano, se traduce en un extenso conjunto de datos y análisis de los mismos que, con toda probabilidad, constituirán una referencia, respecto al tema, para futuros trabajos del equipo investigador, para otros profesionales y para los órganos de las administraciones relacionados con el transporte y uso de este tipo de vehículos.
- ii. Un conocimiento amplio de las características de los accidentes con implicación de furgonetas y del conjunto de factores de influencia, relacionados con los conductores, vehículos, desagregados por tipos, condiciones de explotación y otros, así como los efectos de ciertas variables de carácter general relativas a factores de contexto económico,

social, legislativos y otros Este conocimiento específico, inexistente hasta la actualidad, ha sido alcanzado a través de estudios de accidentes en profundidad, y aplicación de métodos estadísticos avanzados como son los de minería de datos, DRAG y otros. Como en el resultado antes citado, es esperable que las aportaciones relativas a estos conocimientos sean de gran utilidad para futuros trabajos del equipo investigados, otros investigadores y para la toma de decisiones en materia de seguridad vial.

- iii.* Una detallada caracterización del parque de furgonetas, en conjunto y desagregado por tipos, en función de una clasificación establecida en el marco del presente proyecto, que tiene en cuenta las características constructivas de los tipos identificados en función de su potencial comportamiento en caso de accidentes. Se trata, por tanto, de una clasificación, en cuatro tipos, de gran interés para los trabajos accidentológicos. Se ofrece, así mismo, una evaluación del parque español y su evolución, en la que se incluyen los niveles de equipamiento de sistemas de seguridad. Tanto la clasificación, como el amplio conjunto de datos sobre el parque, son aportaciones del proyecto de utilidad para futuros trabajos relativos a este colectivo de vehículos.
- iv.* La formulación de un conjunto de 13 recomendaciones orientadas a reducir los accidentes con implicación de furgonetas y víctimas. Estas recomendaciones se refieren a aspectos relacionados con la formación de conductores, sistemas de seguridad de los vehículos, campañas de información en medios y campañas específicas de vigilancia de ciertos aspectos relacionados con la explotación de este tipo de vehículos.
- v.* La propuesta de un conjunto de indicadores de seguridad sobre accidentes y víctimas, relativos a parque y movilidad, que pueden contribuir a realizar un seguimiento adecuado de la evolución de los mismos.
- vi.* La propuesta de una metodología integrada de investigación de accidentes, que toma como punto de partida la clasificación de los factores de influencia en los accidentes, desarrollada en el presente proyecto en cinco grupos:
  - i.* Factores desencadenantes
  - ii.* Factores condicionantes
  - iii.* Factores normativos y de intervención
  - iv.* Factores de contexto social
  - v.* Factores de contexto económico
- vi.* Esta metodología se considera una aportación, puesta en práctica en el proyecto, que puede ser de utilidad para futuros trabajos de investigación aplicados a otros colectivos de vehículos, conductores u otros usuarios de las vías públicas. Es una metodología de investigación

que integra métodos científicos e instrumentos específicos para el análisis integrado de la accidentalidad de furgonetas.

- vii.* Así mismo, el proyecto ha permitido el desarrollo de un conjunto de capacidades de los miembros de los equipos de investigación, y de herramientas de investigación, que serán enumeradas en los puntos siguientes, que contribuyen de manera significativa a incrementar las posibilidades de dichos equipos para participar en nuevos proyectos de carácter nacional e internacional.
- vii.* Para el cálculo de los valores de indicadores de accidentalidad ha sido necesario estimar la movilidad auto-referida de furgonetas, mediante la aplicación de diseño estratificado y técnicas de remuestreo a la encuesta de movilidad y usos, realizada a nivel nacional.

De todo ello se informa en la presente publicación, en la que se incluyen: objetivos; metodologías y medios utilizados; principales resultados; las hipótesis formuladas y su verificación; conclusiones y recomendaciones.

# 1. RESUMEN.

Como resultado de los estudios, metodologías y herramientas desarrolladas y utilizadas para la consecución de los objetivos planteados en el proyecto “Desarrollo y aplicación de una metodología integrada para el estudio de los accidentes de tráfico con implicación de furgonetas. FURGOSEG” se puede resaltar que se ha logrado:

En relación con los accidentes con implicación de furgoneta y sus causas.

- Conocimiento del parque de furgonetas con diferentes niveles de desagregación. Características y equipamiento de sistemas de seguridad.
- Cuantificación de la Movilidad de las furgonetas y su desagregación en función de los tipos definidos.
- Conocimiento de los Factores relacionados con la explotación de las furgonetas como la carga, sobrecarga y otros, asociados a la explotación que se hace en España y que puede tener influencia en los accidentes.
- Conocimiento de los Factores relacionados con los conductores, su nivel de formación y percepción de los requerimientos de conducción de estos vehículos en función de la carga.
- Valoración del Potencial de reducción de accidentes que se podría lograr con la generalización en el parque de furgonetas de diferentes sistemas de seguridad.
- Amplio conocimiento de la accidentalidad de las furgonetas en España: frecuencias, causas, factores de influencia directa e indirecta, etc.
- Formulación de un conjunto de recomendación relativas a diferentes medidas que, a juicio del equipo investigador, permitiría lograr reducciones de los accidentes con implicación de furgonetas o disminuir sus consecuencias. Estas son:
  - **R.1.** En tanto que se establece la obligatoriedad de la instalación de los sistemas de seguridad activa en todos los vehículos de nueva matriculación, influir en la generalización del ABS Y ESP, como equipamiento de serie en los vehículos de nueva matriculación, de los cuatro tipos definidos de furgonetas y especialmente en furgones y camiones e incentivar la instalación de otros sistemas de seguridad tanto activa como pasiva como los airbag de conductor y pasajero.
  - **R.2.** Fomentar la renovación del parque de furgonetas mediante programas del tipo PREVER para los tipos furgón y derivados, que presentan mayores índices de antigüedad y que están sujetos a condiciones de

explotación bastante exigentes: kilómetros diarios recorridos, carga transportada, etc.

- **R.3.** Deberían ampliarse las exigencias de formación para los conductores especialmente los de los grupos G2 (camiones) y G3 (furgones), incluyendo conocimientos específicos para la conducción de furgonetas, aunque puede no ser necesario modificar el requisito actual respecto al tipo de permiso de conducción necesario para éstos. Esta formación debería orientarse a asegurar el conocimiento, por los conductores, de las diferencias de comportamiento entre este tipo de vehículos y los turismos, especialmente en los aspectos relativos a la influencia de la carga y su estiba, tanto en el comportamiento dinámico del vehículo como en las posibles consecuencias en caso de colisión.
- **R.4.** Elaborar un documento informativo en relación con los efectos de la sobrecarga, kilómetros recorridos y otros factores de uso de los vehículos (frenadas frecuentes e intensas, etc.) en el deterioro de los sistemas vehiculares, así como la posible influencia de éste en los accidentes, y ponerlo a disposición de los usuarios de las furgonetas. La distribución podría realizarse a través de los talleres e ITV y estas empresas, a través de sus asociaciones podrían colaborar en la realización, y financiación de la publicación. También podrían ser invitadas las empresas aseguradoras, o alguna, de ellas como patrocinadores.
- **R.5.** Establecer condiciones específicas, similares a las de los vehículos de mayores dimensiones, para los vehículos autorizados para el transporte de mercancías o mixto para largos recorridos, incluyendo limitador de velocidad y tacógrafo, especialmente en furgones y camiones.
- **R.6.** Realizar campañas especiales de vigilancia del cinturón de seguridad por parte de los conductores de furgonetas y, especialmente los de los grupos G3 y G4.
- **R.7.** Llevar a cabo campañas de pesaje en carretera para verificar o refutar la hipótesis relativa a la frecuencia de circulación con sobrecarga o carga mal estibada, que se mantiene abierta y, en su caso, adoptar las medidas oportunas.
- **R.8.** El análisis de la influencia de los tiempos de conducción y descanso en la seguridad de la conducción de este tipo de vehículos, con la circunstancia particular de simultanear

las labores de conducción con las de carga y descarga, que realiza la gran mayoría de conductores, desborda el objeto de este trabajo. De los datos analizados se desprende la conveniencia de desarrollar nuevos trabajos de investigación para evaluar la posible influencia sobre los accidentes de tráfico de los tiempos de conducción y descanso, cuando los conductores se ocupan, también, de las tareas de carga y descarga, teniendo en cuenta tanto el número de éstas como el tipo de mercancías, especialmente su peso, por su influencia en el cansancio de los conductores.

- **R.9.** Debería analizarse la conveniencia de establecer normas especiales, relativas a jornada laboral y tiempos de conducción y descanso, para vehículos del G3 (furgones) y, posiblemente del G2, (camiones). Adicionalmente y en función de los resultados del trabajo que se propone en la anterior recomendación, en el caso de ser ejecutado, debería considerarse la situación, o situaciones, derivadas del desarrollo simultáneo de tareas de carga y descarga.
- **R.10.** Realizar un seguimiento especial de los accidentes con implicación de conductores extranjeros, para evaluar su evolución y contrastar los indicios encontrados en el presente trabajo respecto incremento en los últimos años y su sobre-representación en accidentes mortales y en las estadísticas relativas a determinadas infracciones.
- **R.11.** Llevar a cabo nuevos estudios que permitan realizar una mejor evaluación de la influencia del uso de las furgonetas con fines de ocio en los accidentes y víctimas. En base a los datos actuales, incluir este tema en campañas de información para incrementar la atención que deben prestar los conductores de las furgonetas a las condiciones de riesgo que pueden presentarse en función del uso del vehículo.
- **R.12.** Desarrollar posteriores estudios que permitan evaluar si existen diferencias significativas en los comportamientos accidentalológicos de las furgonetas en función de los sectores de actividad a los que se destinan y las causas, en su caso.
- **R.13.** Para contribuir a la armonización de carácter nacional e internacional relativa a vehículos y al conjunto de normativas que le son de aplicación, sería aconsejable establecer definiciones precisas de los vehículos

normalmente incluidos en la definición genérica de furgoneta, diferenciando entre tipos con características análogas. La clasificación realizada en este proyecto podría constituir un buen punto de partida para mejorar las clasificaciones y definiciones existentes.

En relación con las aportaciones metodológicas del proyecto, se destacan las siguientes: se propone una metodología integrada de investigación de accidentes que hace intervenir, de forma coordinada métodos de investigación de carácter “micro” orientados a obtener información rigurosa y detallada de accidentes concretos, integrables en bases de datos de accidentes en profundidad, con métodos de carácter “macro” principalmente de tipo econométrico que permite evaluar la influencia de factores socioeconómicos, medioambientales, legislativos, de vigilancia y control y sociales el número de accidentes y víctimas y su evolución. Esta metodología integrada representa un enfoque original y se ha desarrollado y aplicado en este proyecto de investigación. Adicionalmente se destaca que:

- Se han estimado modelos DRAG específicos para un grupo particular de usuarios de las vías, en este caso las furgonetas. Es el primer modelo conocido de esta naturaleza desarrollado a nivel internacional.
- Se ha desarrollado una herramienta para la metodología de estimación de la movilidad de furgonetas, basada en datos indirectos de determinación de la exposición para aplicación a estudios de accidentes.
- Se ha desarrollado un modelo específico y mejorado para la evaluación del coste de los accidentes. Nuevamente la novedad fundamental estriba en su especialización para un colectivo de accidentes con características especiales.
- Se han desarrollado y aplicado metodologías novedosas para el análisis de equipamientos de seguridad del parque de furgonetas de un alto nivel de calidad que equipara el estudio realizado a los estudios más completos y avanzados que se habían realizado hasta ahora sólo para el mercado de turismos.
- Se ha diseñado un proceso de estratificación mensual del parque de vehículos para la obtención del parque mensual, completamente novedoso en el sector, ya que ni siquiera se había utilizado antes para analizar el segmento de turismos.
- Se ha desarrollado herramientas informáticas específicamente orientadas al tratamiento de datos de vehículos comerciales para su aplicación a la elaboración y análisis de bases de datos.

## 2. ABSTRACT

As a result of the studies, the methodology and the tools developed to achieve the goals specified for the Project “Development and Application of an integrated methodology for the study of road accidents involving vans. FURGOSEG”, one can highlight the following achievements:

With respect to accidents with involvement of vans and their causes

- Knowledge of the van fleets with different disaggregations. Characteristics and equipment of safety systems
- Quantification of van mobility and its disaggregation in the types defined previously
- Knowledge of factors related to the exploitation of vans, such as load, overload, and others, associated to exploitation in Spain and which may influence accidents.
- Knowledge of factors related to drivers, their training and perception of the driving requirements for this kind of vehicles in terms of load.
- Evaluation of the potential of accident reduction which could be achieved by incorporating different safety systems to van fleets.
- Extensive knowledge of accidentality of vans in Spain: frequencies, causes, direct and indirect influence factors, etc.
- Formulation of a set of recommendations with respect o different measures which, in the opinion of the research team, will lead to achieving reductions in van-involved accidents or to a decrease in their severity. They are as follows:
  - **R.1.** In as much as the implementation of active safety systems in all new vehicles is established as compulsory, to influence on the generalization of ABS and ESP as standard equipment in all new vehicles, for the four van types as defined, and particularly for furgon, combi type- commercial vehicles (G3) and Chasis cabin truck of autobastidor commercial vehicles (G2) and to encourage the installation of other active and pasive safety systems such as airbag for driver and passenger.
  - **R.2.** To support the renewal of van fleets by means of government programs such as PREVER for the type G4 (combi type- commercial vehicles and vans and passenger car-derived LVS), in general over 2000 kg, which present higher aging indices and are subject to quite demanding exploitation conditions: mileage, loads, etc.

- **R.3.** Training requirements for drivers should be increased, particularly those for group G2 and G3 including specific knowledge of van driving, although it may not be necessary to modify the present requirements on driving licenses. Training should be oriented to ensuring that drivers know the differences between this type of vehicle and passenger cars, specifically concerning the influence on load and its distribution, both in dynamic behavior and possible consequences of collisions.
- **R.4.** To prepare a document with information on the effects of overloads, mileage and other use factors of vehicles (frequent and intense braking, etc.), or deterioration of vehicle systems, as well as its influence on accidents, and to make it available for van users. Document distribution could be done through roadworthiness test stations (ITV in spanish), whose companies, through its associations, could contribute to its development and funding. Insurance companies could also be invited and some could also be sponsors.
- **R.5.** To establish specific conditions, similar to those of larger vehicles, for those licensed to long-distance mixed or freight transport, including speed limiters and tachograph, specially in G2 and G3 types.
- **R.6.** To carry out special surveillance campaigns for the use of safety belts by van drivers, particularly for those of groups G3 and G4.
- **R.7.** To carry out campaigns for load controls on the road in order to accept or reject the hypothesis on the frequencies of overload driving or unbalanced loads; this hypothesis remains open and if accepted, adequate measures should be adopted.
- **R.8.** The analysis of the influence of driving and resting schedules on driving safety for this kind of vehicles, with the particular circumstance of combining driving with loading or unloading, which occurs with most van drivers, lies beyond the scope of this work. From the data analyzed one can draw the convenience of developing more research to evaluate the possible influence on road accidents of driving and resting schedules, taking into account both their figures and the load type, particularly their weight, given their influence on driver fatigue.
- **R.9.** One should analyze the convenience of establishing special regulations with respect to working hours, driving and resting times, for vehicles in group G3 and possibly G2. Additionally, and in terms of the results of the work proposed in R.8 (if implemented), one should consider the situation/situations derived

from simultaneous loading and unloading.

- **R.10.** To carry out a special tracking of accidents with involvement of foreign drivers, in order to evaluate their evolution and compare the findings of this work with respect to the increase on the last few years and its overrepresentation in fatal accidents and in statistics for specific offences.
- **R.11.** To develop new studies for a better evaluation of the influence of the use of vans for leisure on accidents and victims. Learning on present data, this issue has to be included in information campaigns on the increasing attention which van drivers should devote to know about risk conditions when using the vehicle.
- **R.12.** To develop ex-post studies with the purpose of evaluating if there exists significant differences in van behavior under accidents in terms of activity sectors and their causes, whenever relevant.
- **R.13.** To contribute to national and international harmonizing of regulations on vehicles and their environment, it would be advisable to establish precise definitions of vehicles under the generic definition of van, distinguishing between vehicles of similar characteristics. The classification resulting from this Project could become a good starting point to improve existing classifications and definitions.

Notes: G1: pick-up vehicle type, G2: Chasis cabin truck of autobastidor commercial vehicles, G3: furgon, combi type- commercial vehicles and G4: combi type- commercial vehicles and vans and passenger car-derived LVS).

With respect to the methodological contributions of the Project, we highlight the following: an integrated methodology has been proposed for accident research which involves coordinatedly “micro” methodology oriented to obtaining rigorous and detailed information on individual accidents, with integration in in-depth accident data bases, and “macro” methods, mainly econometric models by means of which we can evaluate the influence on the number of accidents and victims and their time evolution of socioeconomic, environmental legislative enforcement and control and social factors This integrated methodology represents an original approach and has been developed and applied under this research Project. We additionally highlight that:

- Specific DRAG models have been estimated for particular groups of road users, in this case vans. It is the first model of this kind in the international context.
- A tool has been applied for the methodology of van mobility

estimation, based on indirect exposure data for application of accident studies.

- A specific and improved model has been developed for the evaluation of the costs of accidents. Once again the main contribution is the focus on a user group with special features.
- New methodology has been developed and applied for the analysis of high-quality safety equipment of van fleets, which places our study in the same level of more complete and advanced studies which had been carried out to date only for passenger cars.
- A month-level stratification process for vehicle fleets has been designed to obtain the monthly fleets, which is completely innovative in the sector, since it had not even been developed for passenger cars.
- New software has been developed specifically oriented to the treatment of data of commercial vehicles for its application to the development and analysis of data bases.

### 3. ACCIDENTES Y VÍCTIMAS EN ACCIDENTES DE TRÁFICO CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS. DIMENSIÓN DEL PROBLEMA Y EVOLUCIÓN.

El problema de la accidentalidad en el sector del transporte de mercancías en vehículos ligeros (LGV, Light Goods Vehicles) ha sido acometido en algunos estudios, en Europa, en los últimos años. La situación de España en relación a los países de nuestro entorno respecto a este tipo de accidentes con víctimas se presenta en la Figura 1 y en la Figura 2 (datos de la base CARE y del proyecto IMPROVER, disponibles hasta 2007).

En términos absolutos España ocupa un lugar destacado respecto al resto de países europeos en cuanto a la producción de los accidentes de interés (sólo es superado por Alemania y Gran Bretaña). Junto a esto, entre 2005 y 2007 se produce un notable crecimiento de estos accidentes en España y en Francia, frente a la tendencia del resto de países europeos representados.

En términos relativos, como porcentaje respecto al total del número de accidentes con implicación de furgonetas y camiones ligeros, España también ocupa un lugar destacado respecto al resto de países, superado únicamente por Holanda, Malta y en mayor medida, por Portugal.

Considerando la situación de España y el período 2000-2010 analizado en el presente estudio, los accidentes totales de tráfico con víctimas han experimentado un notable descenso del 15,9%. Por su parte, los accidentes con implicación de furgonetas y camiones ligeros han experimentado un incremento de casi el 10% (Figura 1 ): en el mismo período.

Tras un período de mantenimiento del número de accidentes con implicación de furgonetas y camiones ligeros hasta el año 2005, se produjo un repunte brusco en 2006, seguido por un descenso pronunciado hasta alcanzar el mínimo del período considerado en el año 2010. La variación de los accidentes con estos vehículos entre 2006 y 2010 indica una reducción del 7%, frente a 13 y 41% observadas para turismos y camiones pesados, respectivamente.

Respecto a los accidentes mortales con implicación de furgonetas y camiones ligeros, estos no han seguido la misma pauta observada en la totalidad de accidentes con víctimas con éstos vehículos. Hasta el año 2006 se produjo un descenso moderado, seguido de una caída muy importante en los cuatro años siguientes: nuevamente en 2010 se alcanza el mínimo de la serie. La reducción entre 2006 y 2010 es del 24%, mientras que las reducciones observadas en los accidentes mortales con turismos y camiones pesados alcanzan el 37% y el 48% respectivamente.

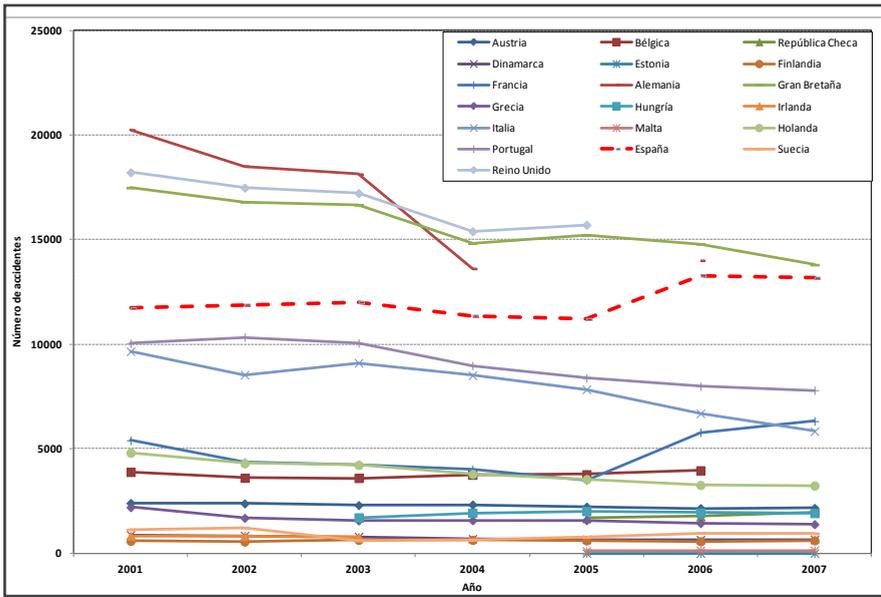


Figura 1. Evolución anual del número de accidentes con implicación de furgonetas y camiones ligeros en Europa. Período 2001-2007.

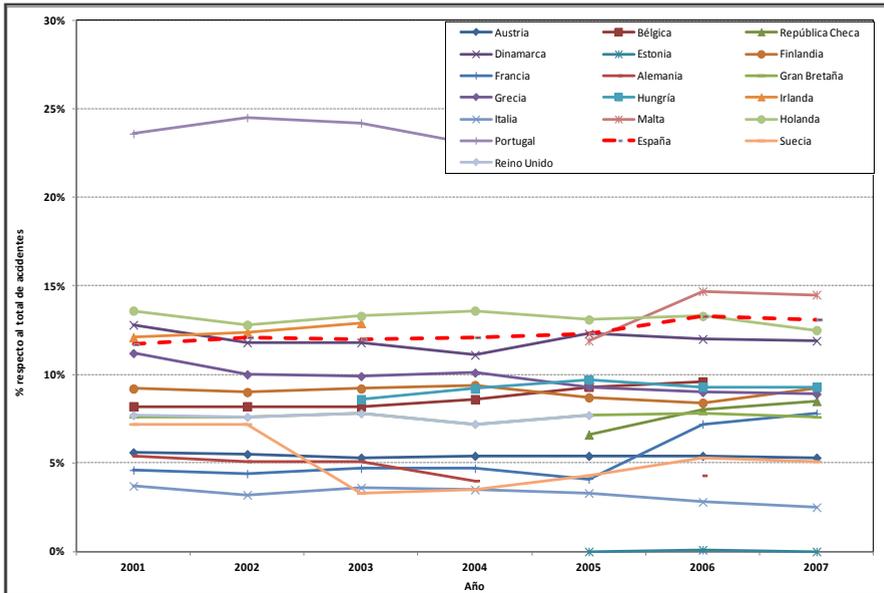


Figura 2. Evolución anual del porcentaje respecto al total del número de accidentes con implicación de furgonetas y camiones ligeros en Europa. Período 2001-2007.

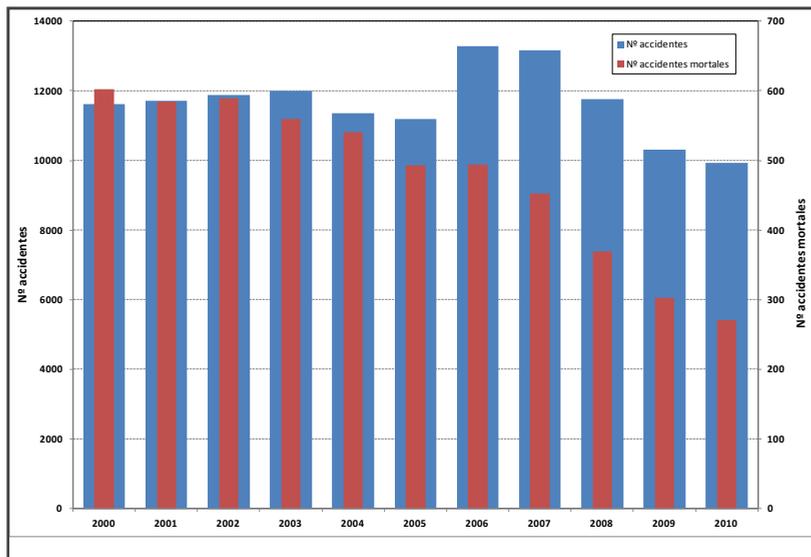


Figura 3. Evolución anual del número de accidentes, con víctimas y mortales, con implicación de furgonetas y camiones ligeros en España. Período 2000-2010.

Respecto a la severidad que provocan estos accidentes (Figura 4), tras varios años de cifras mantenidas, en 2004 se produjo una fuerte reducción en el número de fallecidos más heridos graves en los accidentes de interés (reducción del 17,0% respecto al año anterior), seguido por un período de dos años de incremento moderado (alrededor del 5% interanual), para finalmente decrecer de manera muy acusada (en el período 2006-2010 la reducción es del 39%). La reducción del número de víctimas mortales más heridos graves en accidentes con turismos y camiones pesados fue de 43% y 53% respectivamente.

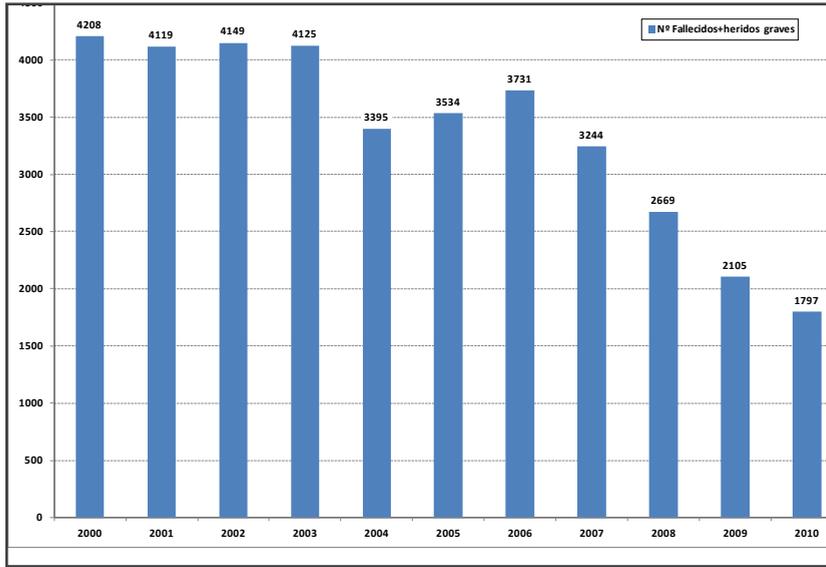


Figura 4. Evolución anual del número de fallecidos más heridos graves en accidentes con implicación de furgonetas y camiones ligeros en España. Período 2000-2010.

Como se puede apreciar a través de estos números, los colectivos de comparación (turismos y camiones pesados), han experimentado mayores reducciones que los vehículos de interés de este proyecto de investigación.

En las figuras siguientes se ofrecen datos comparativos entre accidentes de furgonetas y otros vehículos, en relación con la severidad de los accidentes, uso de cinturón de seguridad y posible influencia del estado del vehículo, en la ocurrencia del accidente, y su evolución entre los años 2000 y 2010.

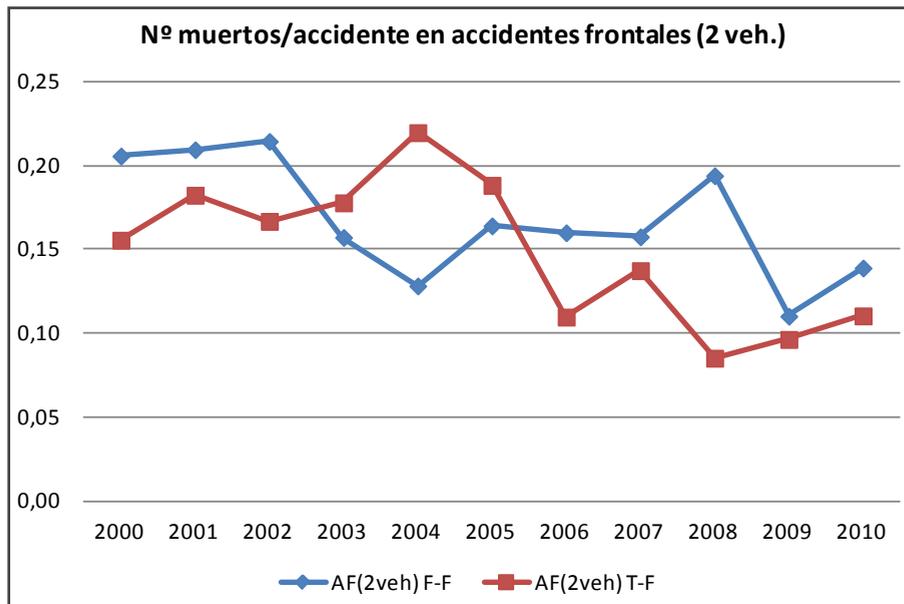


Figura 5. Comparación tasa: número de fallecidos en accidentes frontales (2 veh) / accidente con implicación de furgonetas \_ camiones ligeros y turismos en España. Período 2000-2010.

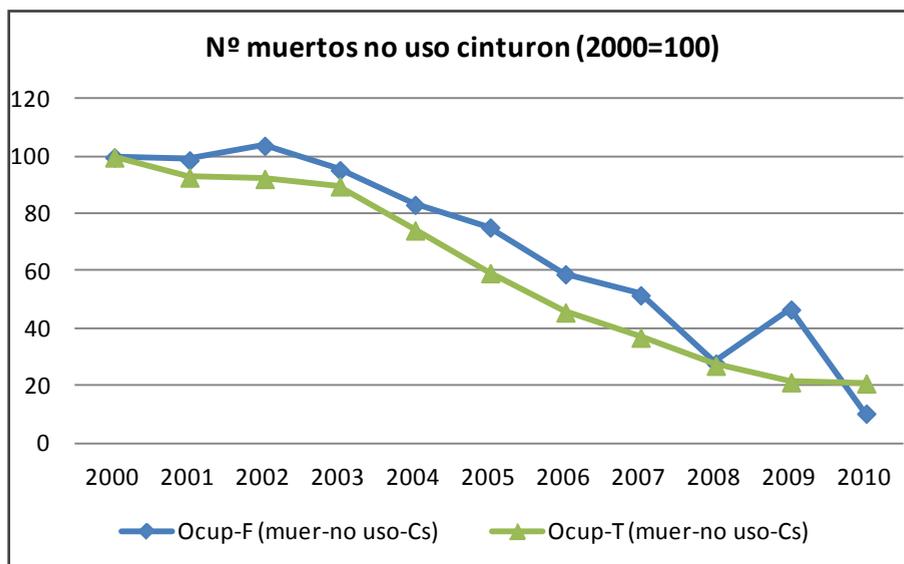


Figura 6. Comparación índice (2000=100): número de muertos (entre ocupantes de furgonetas \_ camiones ligeros y turismo, que no usaban el cinturón de seguridad. España. Período 2000-2010.

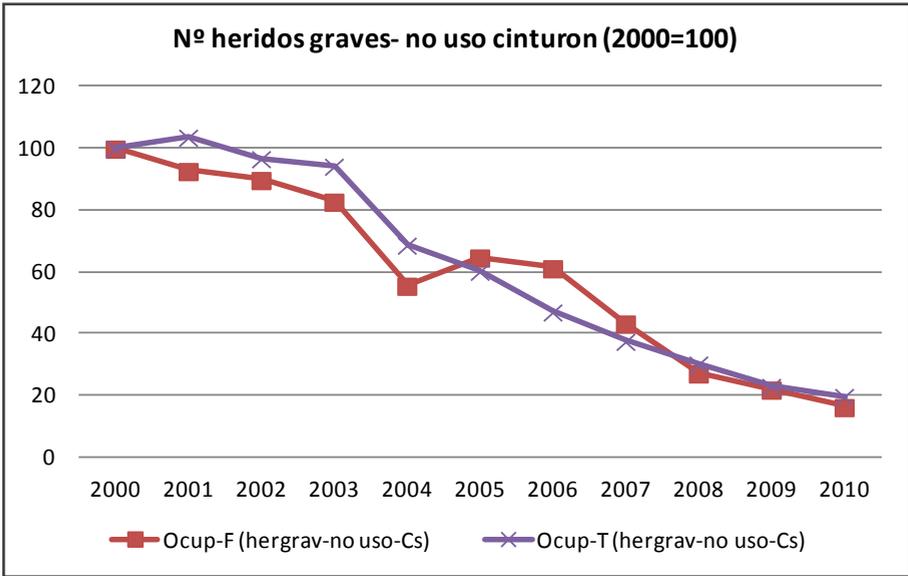


Figura 7. Comparación índice (2000=100): número de heridos graves (entre ocupantes de furgonetas \_ camiones ligeros y que no usaban el cinturón de seguridad. España. Período 2000-2010.

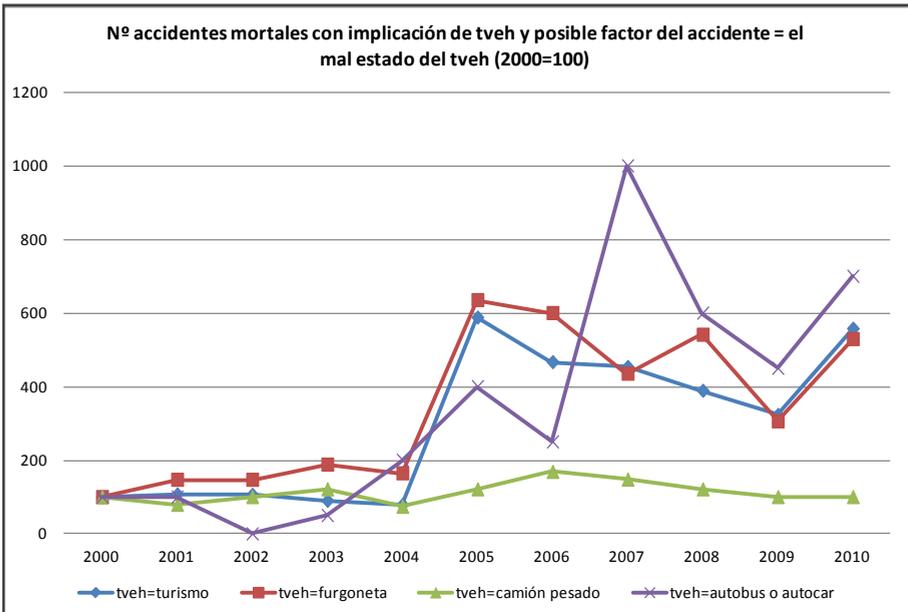


Figura 8. Comparación índice (2000=100): número de accidentes mortales con implicación de tipo de vehículos (furgonetas \_ camiones ligeros - turismos - camiones pesados - autobuses y autocares) con factor concurrente "mal estado del vehículo". España. Período 2000-2010.

Por todo lo anterior, y en el momento de inicio del presente estudio (año 2009) los accidentes de tráfico con implicación de furgonetas constituían un motivo de preocupación tanto para la Dirección General de Tráfico como para la Dirección General de Transporte por Carretera del Ministerio de Fomento, por lo que se apoyó, desde ambas direcciones generales el desarrollo del proyecto cuyos resultados se presentan en este documento.

## 4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL PROYECTO FURGOSEG.

Los resultados específicos obtenidos, agrupados por temas y en relación con los objetivos planteados, se enumeran en los siguientes párrafos:

EN RELACIÓN CON LA MOVILIDAD URBANA DE LAS FURGONETAS, se formuló el objetivo:

- **Caracterizar la movilidad de mercancías en ciudades.**

Los resultados específicos logrados se concretan en la realización de:

- Estudio de la movilidad urbana por tipo de mercancía y según tamaño de movilidad atendiendo a patrones de viaje.
- Cuantificación de la movilidad urbana según tamaño de ciudad pudiendo establecer comparaciones con estudios en otras ciudades europeas.

EN RELACIÓN CON LA MOVILIDAD GENERAL, EXPLOTACIÓN Y CONDUCTORES DE LAS FURGONETAS, se formuló el objetivo:

- **Caracterizar la movilidad del parque de furgonetas según la edad, tipos y usos.**

Como resultado de los trabajos desarrollados en relación con el diseño y aplicación de una encuesta efectuada, a una muestra, a escala nacional, de conductores de furgonetas, representativa de la población española, tanto por su distribución territorial como por los tipos de vehículos. Se ha obtenido:

- Base de datos con los resultados de una encuesta aplicada a una muestra de 3693 conductores de España, con más de 50 campos de información, sobre uso, movilidad, equipamientos de los vehículos, servicios y otros datos relacionados con las cargas, gestión de las empresas y conductores.
- Desarrollo de un programa en lenguaje MATLAB para la aplicación de la metodología estadística de estimación puntual e intervalos de confianza con bootstrap, al muestreo estratificado
- Aplicación de la metodología de estimación puntual e intervalos de confianza de las variables contenidas en la encuesta de movilidad FURGOSEG a los 4 tipos de furgonetas, en el territorio español y por regiones.

- Estimación de la movilidad (estimación puntual e intervalos de confianza) de la movilidad global y de los 4 tipos de furgonetas en el territorio español para el año 2009.
- Estimación de condiciones de carga y sobrecargas de los vehículos, a partir de las declaraciones de conductores.

Con el objeto de completar la visión, y datos obtenidos de la encuesta, y servir de contraste a otros, se ha llevado a cabo una actividad, no prevista inicialmente en el proyecto, que ha consistido en realizar **inspecciones en carretera a una muestra estadística de furgonetas**, desarrollada por agentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil a propuesta del equipo investigador y siguiendo las pautas señaladas por éste. Para el tratamiento de los datos de esta fuente se han aplicado las metodologías desarrolladas para el análisis de la encuesta y se ha obtenido de forma particular:

- Base de datos relativos al uso, movilidad, estiba de la carga transportada y otros, correspondientes a las furgonetas de 305 inspeccionadas.
- Estimación de la movilidad (estimación puntual e intervalos de confianza) de la movilidad interurbana global y para los 4 tipos de furgonetas de la muestra del año 2010.

EN RELACIÓN CON EL PARQUE ESPAÑOL DE FURGONETAS, se formuló el objetivo:

- **Caracterizar el parque de furgonetas según los sistemas de seguridad incorporados.**

El trabajo desarrollado en relación al parque, aporta un conjunto de elementos novedosos a los trabajos de análisis del mercado español del automóvil, que nunca antes se habían aplicado para estudiar el segmento de las furgonetas. Alguna de estos elementos de análisis ni siquiera se había empleado con anterioridad al mercado de turismos, sometido a mayor número de estudios, u otros tipos de vehículos, habiéndose desarrollado por primera vez en este proyecto para el estudio de las furgonetas. A continuación se detalla el conjunto de aportaciones logradas:

**Definición del concepto “furgoneta”.** Al inicio del proyecto se estableció una definición concreta del concepto “furgoneta” para determinar los tipos de vehículos que debían ser objeto de estudio en el Proyecto FURGOSEG. Hasta la fecha la determinación de los vehículos tipo “furgoneta” se ceñía a su clasificación administrativa según el Reglamento General de Vehículos o de acuerdo con la normativa europea de homologación.

El Proyecto FURGOSEG ha establecido una definición de los vehículos tipo “furgoneta” que combina la clasificación administrativa según las normativas española y europea con la tipología establecida por la Dirección General de

Tráfico en la matriculación y con los criterios de segmentación del mercado, comúnmente utilizados por los fabricantes.

De esta forma, se ha acordado una clasificación en 4 grandes grupos de vehículos ligeros destinados a transporte de mercancías o mixto, englobados comúnmente bajo la denominación de furgonetas (pick-up, camiones chasis-cabina, furgones y derivados de turismo), con algunos subgrupos dentro de éstos, que responde más fielmente a la realidad de configuración técnica, condiciones de movilidad y uso de los vehículos, verdaderamente útil para un análisis de mercado orientado a las condiciones de seguridad del parque y su influencia en los accidentes de tráfico y, especialmente, en relación con diferencias en sus comportamientos dinámicos y en colisiones, que pueden tener influencia en dichos accidentes, sus tipos y su severidad.

#### **□ Nueva métrica para el mercado de furgonetas**

Los trabajos han permitido generar una métrica del mercado de furgonetas que no se había aplicado antes para el parque de vehículos comerciales. Esta métrica se basa en la aplicación de una metodología que integra en un único data-warehouse las cifras sectoriales de matriculaciones, transferencias y bajas de vehículos con su trazabilidad administrativa a través del VIN. Esta metodología ha permitido un análisis exhaustivo del mercado de furgonetas sobre una muestra cercana al 100% de los vehículos del parque. Otros estudios anteriores se habían basado en muestras más o menos significativas de modelos y versiones de vehículos presentes en el mercado, pero sin alcanzar un nivel de representatividad tan elevado como el empleado en FURGOSEG.

#### **□ Nueva metodología para el análisis de equipamientos de seguridad del parque de furgonetas**

Hasta la realización del Proyecto FURGOSEG nunca antes se había desarrollado una caracterización técnica tan completa del mercado de furgonetas. Este trabajo se ha conseguido asociando la información comercial sobre ventas de vehículos, que procede directamente de las marcas que operan en el mercado español, con los datos de disponibilidad y presencia de equipamientos de seguridad.

Con esta metodología, la calidad del análisis del parque de furgonetas se equipara a los estudios más completos y avanzados que se habían realizado hasta ahora sólo para el mercado de turismos.

#### **□ Estratificación mensual del parque de furgonetas**

Una de las tareas conjuntas de integración entre los paquetes de trabajo del proyecto ha requerido la estratificación mensual del parque de furgonetas, para su aplicación en el modelo econométrico DRAG de análisis de accidentes de tráfico. Mediante un proceso específicamente diseñado para este proyecto,

se ha obtenido información exhaustiva sobre la evolución mes a mes del parque rodante de furgonetas entre los años 1999 y 2008, generando una serie de 120 bases de datos de parque, que además contienen información sobre disponibilidad de ciertos sistemas de seguridad.

Debe destacarse que este proceso de estratificación mensual del parque de vehículos es completamente novedoso en el sector, ya que ni siquiera se había utilizado antes para analizar el segmento de turismos.

#### **Desarrollo de sistemas informáticos específicos para el análisis del parque de furgonetas**

La aplicación de metodologías complejas de elaboración y análisis de bases de datos ha requerido el desarrollo de herramientas informáticas específicamente orientadas al tratamiento de datos de vehículos comerciales. Estas aplicaciones, desarrolladas en entornos web y lenguajes avanzados de programación (JAVA, PL/SQL, etc.), permiten, entre otras funcionalidades, la segmentación y extracción automática de datos desde un data-warehouse central y su integración con información sobre versiones y características en bases de datos de parque.

EN RELACIÓN CON EL MANTENIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS DEL PARQUE, se formuló el objetivo:

- **Realizar el estudio del mantenimiento de las furgonetas y evaluación de las tasas de fallos más comunes como resultado de la Inspección técnica de vehículos y su posible influencia sobre la seguridad.**

De las actividades desarrolladas en relación con el mantenimiento del parque español de furgonetas se han obtenido los siguientes resultados:

- Base de datos de resultados de inspección que las empresas concesionarias de ITV para todos los tipos de vehículos desde el año 2003 hasta el año 2007
- Base de datos sobre mantenimientos de una muestra de 167 furgonetas.
- Base de datos sobre el mantenimiento indicado por los fabricantes de 171 modelos de furgonetas de las 10 marcas más representativas en el parque español de furgonetas para el análisis comparativo de los 122 puntos de mantenimiento indicados en los planes
- Base de datos con los resultados de las 11041 inspecciones realizadas en España a furgonetas durante el año 2010. Estos resultados se relacionan con los mantenimientos indicados por los fabricantes y permiten también cotejar los resultados del

Ministerio. Se obtiene además el dato del kilometraje de las furgonetas en el momento de la inspección para determinar la movilidad de las mismas.

EN RELACIÓN CON LOS ESTUDIOS DE ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS Y EL ANÁLISIS CAUSAL DE ACCIDENTES, se formularon los siguientes objetivos:

- **Analizar en profundidad, a partir de la base general de accidentes de la DGT, la información disponible sobre accidentes en los que se ven implicadas furgonetas, con el objeto de obtener una visión completa de los factores asociados a los mismos, de acuerdo con dicha información, su tipología y su evolución en los últimos diez años.**
- **Realizar un análisis mediante la aplicación de modelos estadísticos, de los accidentes contenidos en la base general de accidentes de tráfico de la DGT con y sin implicación de furgonetas para la determinación de los factores y asociaciones de factores más frecuentes presentes en dichos accidentes.**
- **Desarrollar estudios en profundidad de una muestra de accidentes con implicación de furgonetas, representativa de los tipos de accidentes contenidos en la base general de accidentes de la DGT, con el objeto de identificar y valorar las principales variables de influencia en los accidentes y sus consecuencias.**

Con el cumplimiento de estos objetivos se ha obtenido una imagen más completa del fenómeno accidentológico relacionado con el transporte de mercancías por carretera y su evolución durante los últimos años, basada en los datos recogidos en la base general de accidentes de tráfico y de accidentes en profundidad con carácter retrospectivo para lo que se ha realizado:

- Análisis estadístico descriptivo de aproximadamente 880.000 accidentes con víctimas de la Base General de Accidentes de Tráfico de la DGT (período 2000 – 2008) mediante aplicación de técnicas de minería de datos.
- Análisis de accidentes en profundidad de carácter retrospectivo y de causalidad de 253 accidentes mortales con implicación de furgonetas, ocurridos durante los años 2009 y 2010.
- Base de Datos en Profundidad de accidentes mortales con furgonetas, con variables específicas de causalidad no presentes en la Base General de Accidentes de Tráfico de la DGT.

Para el análisis de los factores y asociaciones más comunes, se han aplicado modelos de Árboles de Clasificación y Regresión (CART), técnica multivariable y no paramétrica de Minería de datos, especialmente adecuada para fines de predicción y clasificación de los aproximadamente 880.000 accidentes

contenidos en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la DGT (período 2000 – 2008). Los resultados han permitido establecer diferencias de comportamiento entre los vehículos de turismo y las furgonetas, en un conjunto de situaciones, y han sido utilizados en los procesos de verificación de hipótesis de los que se han derivado las principales recomendaciones que más tarde se exponen. La misma técnica se aplicó a una muestra de accidentes mortales de los años 2009-2010.

EN RELACIÓN CON LA APLICACIÓN DE MODELOS ECONÓMICOS AL ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE FACTORES NORMATIVOS, DE VIGILANCIA, DE CONTEXTO SOCIAL Y DE CONTEXTO ECONÓMICO, SOBRE LOS ACCIDENTES DE FURGONETAS, se formuló el objetivo:

- **Desarrollar un modelo econométrico tipo DRAG (Demand Routiere, Les accidents et la Gravité) que incluya los principales factores socioeconómicos, demográficos, climatológicos, vigilancia y control, parque y otros, y calcular los niveles de influencia de dichas variables sobre los accidentes y víctimas.**

Como resultado de los trabajos desarrollados se destaca:

- ✓ Se han conformado bases de datos correspondientes al período 2000-2009, de variables relativas a distintos factores de influencia, con la periodicidad mensual requerida para el ajuste de modelos DRAG.
- ✓ Se han desarrollado 4 modelos DRAG- FURGOSEG de seguridad para el análisis de los factores de influencia sobre la accidentalidad de furgonetas en el período 2000-2009:
  - Para el Número de accidentes
    - Mortales
    - Con heridos
  - Para el Número de víctimas
    - Muertos
    - Heridos graves
- ✓ Se han desarrollado Modelos dinámicos de componentes no observados para el análisis de los factores de influencia sobre la accidentalidad de furgonetas en el período 2000-2009:
  - Para el Número de accidentes
    - Mortales
    - Con heridos

- Para el Número de víctimas
  - Muertos
  - Heridos graves
- ✓ Se han implementado modelos de simulación para la comparación del poder predictivo y explicativo de los modelos DRAG y de los dinámicos de componentes no observados para el análisis de los factores de influencia sobre la accidentalidad de furgonetas en el período 2000-2009.
- ✓ Se ha propuesto una nueva clasificación de los factores del modelo a partir de la definición de la metodología integrada, que es original de este trabajo y que se ajusta al papel que juegan en el desarrollo de los accidentes de tráfico. Estos son: factores desencadenantes, condicionantes, normativos y de intervención (de los poderes públicos), de contexto social y económicos.
- ✓ Se ha definido la contribución de los modelos DRAG en el marco de la metodología integrada para la contribución a la explicación de factores según el papel que aquellos juegan en el desarrollo de los accidentes de tráfico.

De la aplicación de la metodología DRAG se han obtenido estimaciones de los efectos de variables normalmente no contenidas en las bases de accidentes, tales como las relacionadas con la movilidad, de mercancías y de otros usuarios, la evolución de la **tecnología de vehículos e infraestructuras, la aplicación de ciertas normas específicas**, y otras, sobre los accidentes y gravedad de los accidentes con implicación de furgonetas.

EN RELACIÓN CON EL ESTUDIO DE DIFERENTES SISTEMAS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS Y SU POSIBLE INFLUENCIA EN LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES DE FURGONETAS, se formuló el objetivo:

- **Realizar un estudio de la posible influencia de los sistemas de seguridad incorporados al parque de furgonetas en determinados tipos de accidentes.**

Como resultado de los trabajos desarrollados se han obtenido:

- Registro bibliográfico de estudios previos de la efectividad de los sistemas de seguridad
- Estimaciones de la efectividad de la renovación del parque en cuanto a la mejora en la seguridad
- Definición de funciones de seguridad de 15 sistemas de seguridad activa.
- Base de Datos en Profundidad de accidentes mortales, con

metodología de análisis de causalidad “Human Functional Failures in road accident causation process (HFF)”, y con evaluación de eficacia previsible de los 15 sistemas de seguridad definidos.

- Informe de análisis de eficacia de los 15 sistemas previstos en caso de accidentes mortales reales (años 2009 y 2010).

EN RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LAS FURGONETAS SOMETIDAS A DIFERENTES ESTADOS DE CARGA, se llevó a cabo una actividad adicional, no prevista inicialmente en el proyecto, y que se consideró necesaria para la verificación de ciertas hipótesis, consistente en ensayos de vehículos bajo diferentes estados de carga así como estudios complementarios de simulación, de los que se han obtenido:

- Comportamiento dinámico de furgonetas, de los diferentes tipos definidos en el proyecto en procesos de frenada y giro de volante.
- Análisis de sensibilidad de la carga sobre la respuesta dinámica mediante simulación.

EN RELACIÓN CON EL COSTE DE LOS ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS, se formuló el objetivo:

- **Desarrollar un modelo de costes de accidentes de tráfico con implicación de furgonetas, que tenga en cuenta la influencia de las variables específicas de este tipo de vehículos en los daños, como pueden ser su masa total y la carga.**

Como resultado de los trabajos desarrollados en este ámbito se destacan:

- Desarrollo de un modelo de Costes de accidentes con víctimas, actualizado al año 2008.
- Desarrollo de un modelo de Costes de los accidentes con víctimas con implicación de furgonetas en el año 2008.

En los modelos de costes de accidentes para la evaluación global de los costes en contextos nacionales, como los desarrollados previamente por el INSIA para la totalidad de los accidentes en España, se consideran los costes humanos, de pérdidas por productividad y materiales, fundamentalmente, utilizando indicadores globales que no suelen tener en cuenta algunos de los factores específicos de los accidentes de este tipo de vehículos, especialmente: las pérdidas por interrupción de la actividad económica del vehículo y las pérdidas asociadas a la carga, tanto directas como indirectas.

EN RELACIÓN CON EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LOS FACTORES RELACIONADOS CON LOS ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se formuló el objetivo:

- **Elaborar un conjunto de conclusiones y recomendaciones que puedan ser utilizadas en la toma de decisiones de los responsables de las administraciones relacionadas con la seguridad vial, empresas de los sectores industrial y de los transportes y otras entidades relacionadas.**

Para articular los diferentes aspectos de la problemática y metodologías de análisis aplicada en cada ámbito se formularon un conjunto de hipótesis en relación con el vehículo, los conductores y la explotación de las furgonetas de los que se han obtenido:

- Formulación de un conjunto de hipótesis (15) acerca de la influencia de diferentes factores en la ocurrencia de accidentes con implicación de furgonetas, distribuidas en los siguientes grupos : 5 relativas a los vehículos; 4 relativas a los conductores y 6 relativas a las condiciones de explotación. Las hipótesis se detallan en el siguiente apartado.
- Se han utilizado los resultados de los diferentes estudios realizados y reseñados con anterioridad, de forma integrada, en cada hipótesis, para confirmar o refutar su veracidad.
- Se han formulado conclusiones, en base a los análisis integrados de aportaciones, en relación a los aspectos contenidos en cada hipótesis.
- Se han formulado 13 recomendaciones que pueden servir de base para establecer medidas de seguridad vial en relación a los vehículos de los tipos estudiados, los conductores y las condiciones de explotación.

También se han utilizado los resultados obtenidos de algunos paquetes de trabajo para:

- Desarrollar una propuesta de indicadores de accidentalidad, de consecuencias y de costes de los accidentes con furgonetas, que se proponen como base del seguimiento del fenómeno, los cuales se han comparado con los correspondientes a turismos y camiones pesados.

# HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las 15 hipótesis formuladas para orientar el estudio de la influencia de diferentes factores en la ocurrencia de accidentes con implicación de furgonetas, se agrupan en:

## Hipótesis relativas a los vehículos

**HV1:** Las furgonetas pueden tener un comportamiento dinámico diferente a los turismos, por lo que los accidentes de furgonetas pueden incrementarse si se conducen como turismo

**HV2:** Los vehículos pueden estar sometidos a un uso más intensivo que los turismos (mayor número de km/año) y, en ocasiones, con sobrecarga, lo cual puede requerir operaciones de mantenimiento más frecuente y criterios diferentes para la frecuencia de inspecciones técnicas (km –tiempo).

**HV3:** Dentro del grupo de vehículos de menos de 3.500 kg de masa total, existen cuatro tipos que presentan características diferentes de diseño y otras condiciones con influencia en la seguridad y, por tanto, el comportamiento accidentológico de cada uno de ellos puede ser distinto

**HV4:** Las furgonetas pueden disponer de menos sistemas de seguridad activa y pasiva que los turismos por lo que el número y severidad de los accidentes de furgonetas se ven comparativamente incrementados.

**HV5:** La legalización de camiones (MTMA < 3500 kg) como N1 en inspecciones previas a la matriculación (en ITV) se realiza en ocasiones con carga útil excesivamente pequeña, lo cual podría inducir a viajes con cargas superiores a las declaradas para la homologación técnica y, por tanto, con sobrecarga de los elementos mecánicos.

## Hipótesis relativas a la explotación de los vehículos.

**HE1:** Las furgonetas pueden estar sometidas a estados de carga muy variables lo que puede redundar en variaciones significativas del comportamiento dinámico.

**HE2:** La utilización mixta o para el transporte de personas puede presentar características accidentológicas diferentes a la utilización exclusiva para transporte de mercancías.

**HE3:** En un cierto número de casos los vehículos pueden circular sobrecargados o la carga mal estibada o sujeta.

**HE4:** La utilización de estos vehículos con fines de ocio (en fines de semana y otras ocasiones) puede originar un número y tipo de accidentes diferentes a

los originados en el uso profesional.

**HE5:** Diferentes ámbitos de actividades de estos vehículos: paquetería (urbana), paquetería (interurbana), desplazamientos autónomos etc. pueden presentar diferentes niveles de accidentalidad.

**HE 6:** La explotación a través de una flota de furgonetas puede presentar ventajas respecto al transporte utilizando vehículos pesados como consecuencia de las limitaciones de velocidad de estos últimos y ello conducir a transporte de larga distancia sometidos a presión de tiempo de recorrido, lo cual puede afectar tanto a la velocidad como a la jornada de trabajo y descanso de los conductores.

### **Hipótesis relativas a conductores.**

**HC1:** Los conductores de furgonetas no reciben una formación específica para este tipo de vehículos con lo que pueden no ser conscientes del diferente comportamiento dinámico de los mismos y las medidas a adoptar en la conducción.

**HC2:** Una cierta proporción adicional de los conductores realiza tareas de carga y descarga, por lo que los niveles de cansancio durante la jornada de trabajo pueden ser superiores a los de los conductores normales.

**HC3:** En parte de los usos de estos vehículos (reparto en ciudades o trayectos de distancias medias o altas) los conductores pueden estar sometidos a una presión elevada para completar el trabajo encomendado o hacerlo en tiempos más reducidos de lo que aconseja una conducción segura: tiempos insuficientes de descanso, velocidad excesiva, etc.

**HC4:** Una parte significativa de los conductores de estos vehículos pueden haber obtenido a su permiso de conducir en países en los cuales las exigencias de formación y prácticas de conducción son inferiores a los niveles españoles.

## 5. METODOLOGÍA INTEGRADA PARA EL ESTUDIO DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA EN LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS.

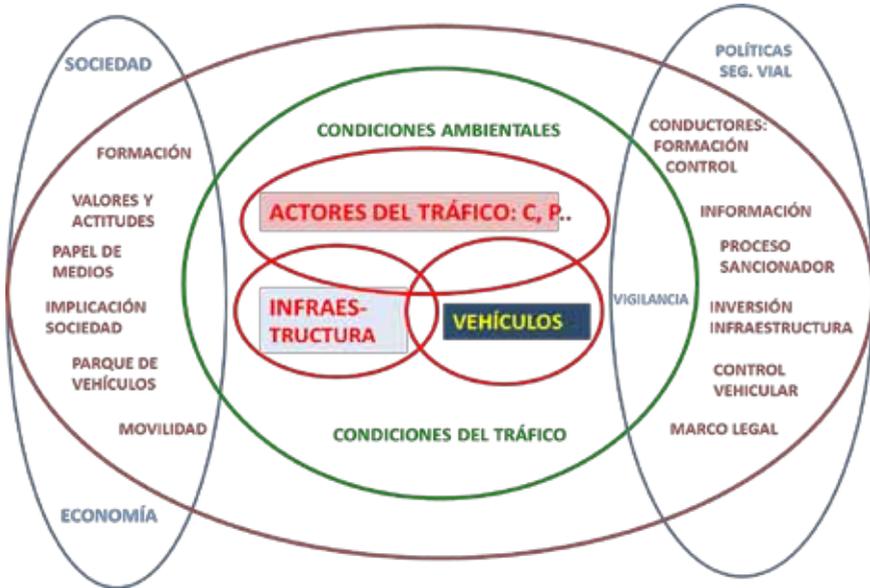
Autores: Francisco Aparicio Izquierdo, Blanca Arenas Ramírez.

Los accidentes de tráfico, como sucesos fortuitos, que alteran la normal circulación de los vehículos y producen colisiones de las que pueden deducirse daños a personas, a los propios vehículos, o a otros bienes, constituyen sucesos socio-técnicos complejos en los que pueden influir un conjunto de factores de naturaleza muy distinta, asociados a los usuarios de las vías, especialmente los conductores, vehículos, infraestructuras y otros como las condiciones ambientales: climatológicas, luminosidad, etc.

Los factores de influencia en los accidentes, ejercen dicha influencia de manera más o menos directa; desde los que se refieren a las condiciones desencadenantes de accidentes concretos, hasta aquellos, por ejemplo, que incidiendo en la formación y actitudes de los usuarios, pueden y deben ser previstos y modificados, en su caso, en ámbitos temporales y espaciales muy distantes de los escenarios en los que existe riesgo potencial de accidente.

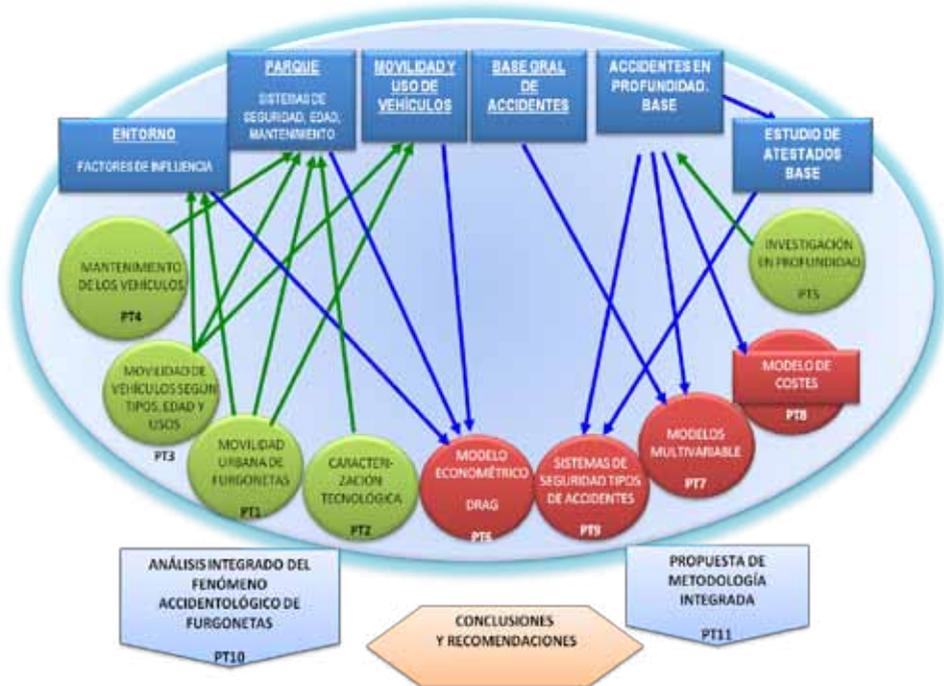
En la siguiente figura se indican los principales grupos de factores, estructurados en función de su relación más o menos directa con el accidente.

Figura 9. Factores de influencia en accidentes de tráfico. F. Aparicio.(2010).



Para el desarrollo de la propuesta de Metodología Integrada de Investigación de Accidentes del proyecto FURGOSEG, se indicaron inicialmente un conjunto de actividades estructuradas en paquetes de trabajo (PT1 a PT10) que se muestran en la Figura 10:

Figura 10. Proyecto de investigación FURGOSEG. F. Aparicio. (2008).



Durante el desarrollo del proyecto se consideró necesario llevar a cabo tres actividades no previstas originalmente y que no figuran en la Figura 10; y son:

- Ensayos en pista de vehículos
- Inspecciones en carretera.
- Análisis de 11.075 planes de mantenimientos realizados en ITV durante el año 2011 a una muestra muy amplia de furgonetas en Galicia

Si se considera el fenómeno accidentalógico como fenómeno que integra el conjunto de accidentes ocurridos en un contexto geográfico concreto: país, región, ciudad, y un periodo de tiempo determinado; que afecta a la totalidad de usuarios, vehículos e infraestructuras, o a colectivos o partes concretas de ellos, adquiere gran importancia el conjunto de condiciones socio-económicas, legislativas, mediáticas y otras que ejercen influencia directa o indirecta sobre los factores antes citados. En la Figura 11 se representan varios grupos de factores, apareciendo en la parte central los más directamente relacionados con la ocurrencia de accidentes concretos y en las más externas, los demás, en función de la mayor o menor “lejanía” con la que pudieran ejercer influencia sobre los anteriores.

## **FACTORES IMPLICADOS EN LA SEGURIDAD VIAL**

Como se ha dicho, se identifican varios tipos de factores con potencial incidencia en la ocurrencia de accidentes de tráfico, que podemos agrupar en:

### **Factores desencadenantes**

**Están asociados directamente con el accidente y se manifiestan en los instantes previos a la colisión.**

- Comportamiento del conductor; reacciones del vehículo a las acciones de control del conductor, si las hubo, e interacción del vehículo con el medio, especialmente con la calzada.

Los comportamientos se encuentran afectados por las condiciones de las infraestructuras y medio, especialmente por la visibilidad, geometría de la calzada y estado de la superficie: irregularidades y adherencia, en la sección concreta en la que se produce el accidente, incluyendo los movimientos pre-colisión.

### **Factores condicionantes**

**Están relacionados con las condiciones generales de circulación del conductor y vehículo, previas a cualquier situación de riesgo.** Entre estos factores se encuentran:

- Actitud del conductor y otros usuarios frente a las normas de tráfico y nivel de cumplimiento.
- Capacidades del conductor para afrontar las exigencias que le plantea la conducción ante determinadas condiciones de riesgo.
- Estado psicofísico del conductor, niveles de atención y alerta.
- Características del vehículo, sistemas de seguridad que incorpora y estado de mantenimiento.
- Características generales de la vía y condiciones medioambientales.
- Exigencias del tráfico y comportamiento de otros usuarios de las vías.
- Información con la que cuenta el conductor, relativa a potenciales situaciones de riesgo.

### **Factores normativos y de intervención (de los poderes públicos)**

**Están relacionados con las condiciones normativas según el contexto espacial (país, región, etc.). Entre estos factores se encuentran:**

- Condiciones generales de seguridad vial en el contexto nacional, regional o local correspondiente.
- Dependen directamente de las políticas de seguridad vial plasmadas en planes de acción y medidas concretas. Entre ellas:
- Sistema de formación, habilitación y control de conductores.
- Actividades de vigilancia y control del tráfico.
- Sistema y proceso sancionador.
- Inversiones y programas de conservación y mejora de infraestructuras.
- Sistema de inspección y mantenimiento de vehículos.
- Campañas de información y sensibilización en aspectos de seguridad vial.
- Normativa legal en materia de seguridad vial.

### **Factores de contexto social**

**Están relacionados con las características sociales del medio espacial de análisis. Entre estos factores se encuentran:**

- Hábitos sociales, calendario (fiestas) y otros.
- Nivel formativo general de los ciudadanos: general y en relación con la seguridad vial.
- Valores y actitudes sociales en relación con la seguridad vial.
- Implicación de instituciones y empresas con la seguridad vial.
- Papel de los medios de comunicación.

### **Factores de contexto económico**

**Están relacionados con las condiciones económicas y nivel de desarrollo del contexto espacial de análisis. Entre estos factores se encuentran:**

- Niveles de riqueza del país y de actividad económica y su influencia en:
- Parque de vehículos: tamaño, edad, clase y niveles de equipamiento, mantenimiento, etc.
- Movilidad de las personas y mercancías.
- Sistemas y condiciones de explotación.

En la Figura 11 se representan los grupos de factores anteriormente indicados, de forma que se pretende indicar cómo los factores desencadenantes se ven influenciados directamente por los condicionantes, los dos grupos anteriores se encuentran afectados por el conjunto de normas y medidas de intervención de los poderes públicos y todos ellos, aunque de forma más o menos directa, se ven condicionados, en unos casos, e influenciados, en otros, por los contextos social y económico. Por ejemplo: un accidente presenta como causa directa un fallo de los frenos ante una frenada de emergencia (factor desencadenante); la razón de dicho fallo fue que el vehículo circulaba con excesivo desgaste de las pastillas y discos de frenos (Factor condicionante); el vehículo circulaba en tales condiciones porque en el país correspondiente no existía obligación de realizar inspecciones técnicas (ITV) con la frecuencia y garantías de calidad adecuadas, o bien porque, aun existiendo dicha obligación, los controles de su cumplimiento no eran adecuados (Factores normativos y de intervención). Por último, la escasa valoración de la seguridad vial o la escasa formación de los conductores respecto a la importancia de mantener adecuadamente a los vehículos (Factores de contexto social) o ciudadanos con muy bajos ingresos que tienen dificultades para mantener adecuadamente sus vehículos (Factores

de contexto económico) facilitó la cadena de hechos que se concretaron en un accidente por un fallo mecánico de un sistema importante para la seguridad como es el sistema de frenos.

## FACTORES DE INFLUENCIA EN ACCIDENTES DE TRÁFICO



Figura 11. Factores de influencia en accidentes de tráfico. F. Aparicio, B. Arenas. Proyecto FURGOSEG.(2012).

El elevado número de factores que pueden tener influencia en la ocurrencia de accidentes confiere una gran complejidad al fenómeno accidentalológico, lo cual dificulta el conocimiento riguroso del conjunto de factores que influyen en la ocurrencia de accidentes y en sus consecuencias, en términos de pérdida de vidas humanas, lesiones de diferente consideración y daños materiales. La investigación es la estrategia más apropiada para analizar dichos fenómenos, evaluar la influencia de los diferentes factores y aportar elementos para la toma de decisiones respecto a las medidas a adoptar, su grado de eficiencia previsible, llevar a cabo análisis coste-beneficio de las mismas y diseñar adecuadamente campañas de información y sensibilización para lograr cooperación del conjunto de la sociedad y de los usuarios de las vías en particular.

La investigación científica de los accidentes de tráfico tiene por objeto la aplicación de métodos científicos para lograr dos objetivos fundamentales:

- En accidentes particulares, determinar sus causas directas e indirectas así como las consecuencias y los factores que intervienen en unas y otras.
- Para el conjunto de los accidentes, o accidentes que afectan a determinados colectivos, analizar tipos, frecuencias y víctimas,

y establecer relaciones de carácter estadístico entre éstos y los factores técnicos, económicos, sociales, normativos, de control y otros que permitan evaluar la influencia de éstos últimos sobre los números de accidentes y víctimas, con determinados niveles de incertidumbre.

El logro de ambos objetivos requiere la aplicación de métodos de análisis de naturaleza muy variada, buen número de ellos han sido utilizados en el desarrollo de este proyecto.

En relación con los accidentes particulares, se desarrollan estudios “**de accidentes en profundidad**” que tienen como objetivo evaluar la influencia, en el accidente específico, de factores como los siguientes:

- Comportamiento de conductores y otras personas implicadas
- Comportamiento de los vehículos y sus condiciones de seguridad activa.
- Comportamiento de sistemas y componentes que afectan a la seguridad pasiva.
- Mecanismos de lesión y elementos que la producen.
- Características de la infraestructura en el escenario del accidente.
- Condiciones del tráfico en el momento de producirse el accidente y anteriores.
- Condiciones medioambientales, etc.

Se trata de determinar las causas directas y, en lo posible, las indirectas, del accidente:

Por causa directa se entiende:

“Suceso, acción o condición capaz de alterar irreversiblemente la normal circulación del vehículo, originando un accidente; precede inmediatamente a la colisión y se considera responsable de la misma”.

Suelen estar asociadas a los comportamientos de los conductores u otros usuarios de las vías, a los vehículos y, en ocasiones a las infraestructuras.

Son ejemplos de causas directas: la pérdida de control en una curva y salida de la calzada; adelantamiento inadecuado; reventón de un neumático o un defecto u objeto imprevisto en la calzada.

Por causas indirectas podemos entender:

“Suceso, acción o condición que, sin considerarse responsable del accidente, influyó en el proceso que precedió al mismo”. Pueden estar relacionadas con:

- Informaciones inadecuadas de la vía, medio o tráfico.
- Disminución de las capacidades psicofísicas del conductor.
- Alteración de las condiciones técnicas del vehículo.
- Condiciones de la vía o tráfico.

Pueden considerarse ejemplos de causas indirectas: cansancio o distracción del conductor; señal inapropiada; neumático con baja presión o mal estado; calzada en mal estado; falta de visibilidad; exceso de exigencias de las condiciones del tráfico, etc.

Las causas indirectas no necesariamente originan accidentes, de hecho, en las mismas condiciones la mayoría de los conductores no sufren accidentes y solo determinadas combinaciones de factores, en un momento y con un actor o actores determinados, desencadenan las condiciones que originan un accidente.

Mientras que las causas directas son relativamente fáciles de identificar, no sucede lo mismo, en muchas ocasiones con las indirectas, siendo necesario acudir a métodos de reconstrucción y otros, más costosos para alcanzar conclusiones válidas respecto a ellas. La investigación en profundidad de los accidentes requiere poner en juego un gran número de recursos intelectuales y materiales para:

- Recoger en formas correcta toda la información relacionada con el accidente, con los usuarios implicados, vehículos y escenario, con la mayor inmediatez posible para evitar pérdida de la misma.
- Realizar la reconstrucción dinámicas los movimientos pre-colisión y pos-colisión.
- Evaluar la energía puesta en juego durante la colisión así como el comportamiento de los elementos estructurales, sistemas de retención y otros.
- Determinar los mecanismos de lesión y factores los produjeron.
- Establecer los comportamientos probables de los conductores y otros usuarios, en su caso, etc.

Para todo ello se requiere un personal especializado en diferentes ámbitos científico-tecnológicos como ingenieros de tráfico, vehículos y vías, médicos y especialistas en factor humano, o personas que cubran conocimientos de estas disciplinas, en el marco de equipos pluridisciplinarios. También se requieren medios, entre los que se encuentran:

- Manuales de registro de datos de los accidentes, relativos a: conductores, vehículos, carretera, condiciones ambientales, etc.

- Instrumentos de medida y vehículos instrumentados para:
- Registro de la geometría de la carretera.
- Análisis del comportamiento dinámico al circular por el escenario del accidente.
- Equipo de medición de adherencia, etc.
- Modelos matemáticos contrastados de reconstrucción dinámica del accidente.
- Medios clínicos de evaluación de lesiones.
- En ocasiones, medios de ensayo en laboratorio y pista de ensayos para evaluar los comportamientos de vehículos y sistemas análogos a los implicados en los accidentes.

Por lo indicado puede concluirse que la investigación en profundidad de un accidente permite determinar qué factores, de los que hemos denominado desencadenantes y, en muchos casos, qué factores condicionantes, concurren en dicho accidente, pero, del estudio de un número más o menos reducido es difícil extraer conclusiones concluyentes que permitan ser extrapoladas a grupos de conductores, vehículos, vías u otras variables y, en consecuencia, justifiquen la adopción de determinadas medidas orientadas a reducir los accidentes y sus consecuencias, con carácter general.

El estudio en profundidad de muestras accidentes que puedan considerarse representativas de colectivos o tipos determinados de accidentes, pueden proporcionar resultados susceptibles de generalización, en determinados contextos, si bien su coste puede ser muy elevado y ello dificulta que el tamaño de la muestra sea, en muchos casos el adecuado.

Por otra parte, aún disponiendo de bases de datos amplias de accidentes estudiados en profundidad, de determinados tipos, sus resultados solo permiten conocer parte de los factores de influencia en el conjunto. Por ejemplo, son útiles y necesarios para la adopción de medidas de seguridad primaria y secundaria y terciaria de los vehículos, para la mejora de las infraestructuras, para perfeccionar los sistemas de rescate y atención médica de heridos y para intentar corregir ciertos comportamientos de los conductores, peatones y otros usuarios; pero resultan poco apropiados para evaluar la influencia de factores sin relación directa con los accidentes, como son muchos de los factores normativos, de gestión, de contexto social y de contexto económico.

Para analizar las relaciones entre los factores de estos últimos grupos y los factores condicionantes susceptibles de convertirse en desencadenantes y, por tanto, en causas directas o indirectas de los accidentes, es necesario aplicar, además, otros métodos de estudio: para obtener informaciones no susceptibles de ser obtenidas de los estudios en profundidad; extender los estudios a

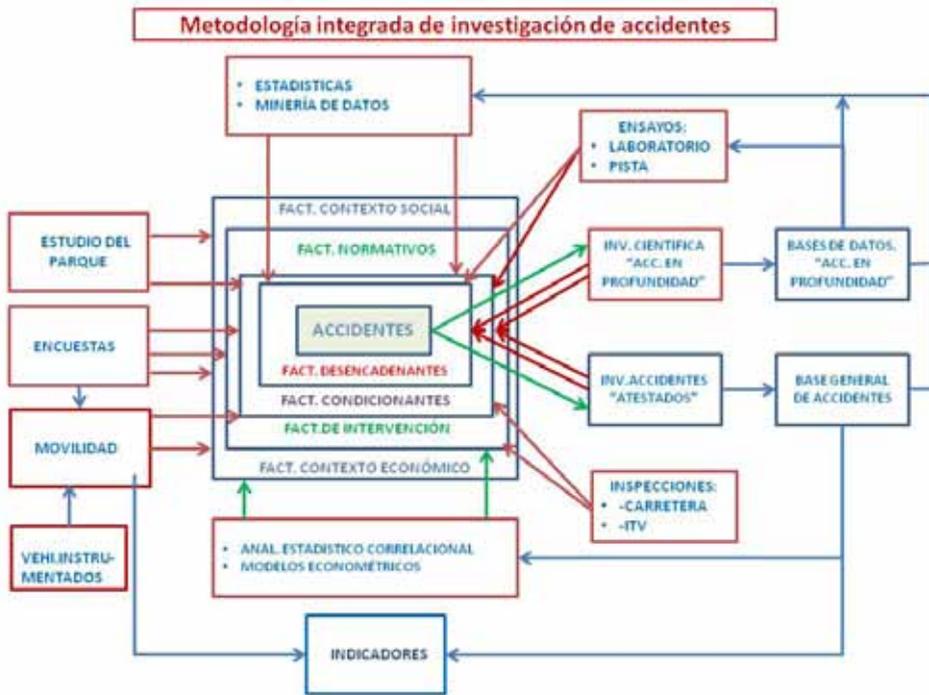
muestras más amplias, como por ejemplo a la totalidad de los accidentes ocurridos en uno o varios años, de unas determinadas características, y aplicar métodos estadísticos avanzados para establecer diferencias significativas entre accidentes, factores que afectan la ocurrencia de los mismos, su severidad, etc. estableciendo relaciones entre causa y efectos .

Por lo que, si el objetivo es el estudio de la totalidad de los accidentes, o de accidentes que afectan a determinados colectivos, analizar tipos, frecuencias y víctimas y establecer relaciones de carácter estadístico entre éstos y los factores técnicos, económicos, sociales, normativos, de control y otros que permitan evaluar la influencia de éstos últimos sobre los números de accidentes y víctimas, con determinados niveles de incertidumbre, se deben aplicar análisis que así lo permitan. Los modelos estadísticos se aplican con el objetivo de evaluar estas relaciones o de establecer niveles de influencia entre los factores y los accidentes y víctimas, dependiendo de la secuencia en la que se observan los datos. Si el conjunto de datos conforman series temporales, la explicación de su evolución pasada y futura en función de una serie de variables explicativas (de tipo cuantitativo, cualitativo o de intervención específicamente las que modelan cambios legislativos), requiere la aplicación de modelos macroscópicos que además pueden ser utilizados para realizar predicciones o para el estudio de escenarios. A menudo en el proceso de ajuste de modelos de este tipo es necesario realizar una serie de tareas que requieren la aplicación de métodos estadísticos para:

- seleccionar e identificar los factores importantes (por ejemplo modelos de minería de datos o modelos multivariantes).
- obtener los factores de influencia o variables explicativas en la frecuencia necesaria para completar las bases de datos de los modelos (por ejemplo mediante procedimientos de desagregación).
- prevenir la correlación o la multicolinealidad mediante correcciones por técnicas de transformación de variables (por ejemplo Box-Cox) o pruebas específicas como el test de Belsley respectivamente.

A la aplicación conjunta de métodos de análisis diferentes capaces de evaluar la influencia del número máximo posible de factores de los cuatro grupos definidos anteriormente, y sus relaciones, la hemos denominado “**metodología integrada de investigación de accidentes**”. En la Figura 12 se indica dicha metodología en la forma que ha sido desarrollada en el presente proyecto de investigación, con el propósito de analizar de forma lo más completa que ha sido posible, el fenómeno “accidentes de furgonetas” en España, que presenta algunos comportamientos diferentes a los accidentes de otros tipos de vehículos, en los que se refiere a su evolución durante los últimos años.

Figura 12. Metodología integrada de investigación de accidentes. F. Aparicio, B. Arenas. Proyecto FURGOSEG.(2012).



La metodología propuesta y representada en la figura anterior se ha desarrollado en definitiva, para realizar análisis según los factores de influencia pertenecientes a diferentes grupos de los definidos anteriormente.

En primer lugar, para el análisis de los factores desencadenantes y condicionantes todos los estudios desarrollados se han estructurado para verificar o refutar las hipótesis formuladas respecto a las posibles razones por las que los accidentes de furgonetas, pueden presentar pautas de comportamiento en número de accidentes y víctimas, diferentes a las de otros vehículos, especialmente los turismos. Se ha tomado a este colectivo como referencia por dos razones: las furgonetas presentan mayor similitud con los vehículos de este grupo y las exigencias normativas a los conductores de ambos grupos son idénticas, ya que el permiso de conducción requerido es el mismo.

En el trabajo de investigación se ha recurrido a los siguientes estudios, mediante la aplicación de los correspondientes métodos y herramientas que se detallan a continuación:

**Investigación de accidentes en profundidad.** Las dificultades encontradas en los procesos de autorización para que el equipo investigados accediera directamente a los escenarios, actores implicados, vehículos accidentados y otras fuentes ha obligado a sustituir la investigación directa por el análisis y

estructuración de una base especial, a partir de las informaciones contenidas en los informes técnicos realizados por los equipos de investigación de accidentes de la Guardia Civil de tráfico, de todos los accidentes mortales, con implicación de furgonetas, acaecidos durante los años 2009-2010.

**Estudio del parque de furgonetas**, atendiendo a tres factores relevantes para la investigación: clasificación de los vehículos en cuatro tipos de características técnicas diferentes en relación con las posibles condiciones de explotación y comportamiento dinámico ante demandas críticas; tamaño del parque global y en relación con cada tipo definido e incorporación de sistemas de seguridad. Se ha incluido este estudio en el proyecto por no existir bases específicas que reunieran las informaciones necesarias para el logro de los objetivos.

**Estudio de efectividad de sistemas de seguridad sobre la accidentalidad de furgonetas.** La efectividad se ha evaluado mediante análisis bibliográfico y mediante el estudio en profundidad de accidentes mortales con implicación de furgonetas de los años 2009 y 2010 (metodología HFF (Human Functional Failures in road accident causation process), de análisis de causalidad utilizada en Francia por l'IFSTTAR y que está siendo empleada en el proyecto europeo DACOTA (Road safety Data Collection, Transfer and Analysis), financiado dentro del SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME, SUSTAINABLE SURFACE TRANSPORT). La Base General de Accidentes ha sido utilizada para la Metodología del Estudio de la influencia de los sistemas de seguridad sobre los accidentes con implicación de furgonetas (capítulo 13), extrapolando los resultados de eficacia de sistemas a todos los accidentes ocurridos en España.

**Estudio de resultados de ITV.** Mediante un estudio de los resultados de las inspecciones técnicas de este tipo de vehículos, llevada a cabo en una muestra de estaciones-ITV, se ha analizado el estado de mantenimiento y cumplimiento de condiciones de seguridad durante su vida útil, de interés para valorar determinados factores condicionantes de los accidentes.

**Encuesta a conductores.** Aplicada a una muestra nacional representativa del conjunto de conductores de furgonetas, previamente definida, mediante la cual se han obtenido datos de gran interés relacionados con sus características personales y profesionales; jornadas de trabajo; condiciones de explotación; movilidad y mantenimiento de los vehículos; percepción en relación con los requerimientos de conducción de este tipo de vehículos y diferencias con los turismos; influencia del estado de carga y otros. La encuesta ha permitido obtener información relativa a determinados factores de contextos social y económico, normativos y de control y de posibles factores condicionantes relacionados con los conductores, vehículos y condiciones de explotación, imposibles de obtener de otras fuentes. También ha permitido evaluar la movilidad de las furgonetas con niveles de desagregación inexistentes en las bases de datos oficiales.

**Estudios de movilidad urbana e interurbana.** Los estudios de movilidad han tenido dos finalidades: determinar la movilidad global y desagregada por tipos de vehículos con el objeto de establecer **Indicadores de accidentalidad** en función de la misma y analizar los factores de movilidad, conjuntamente con otros relativos a tareas realizadas por los conductores, como la carga y descarga, que pueden influir en la presión sufrida por los conductores y la fatiga durante su jornada de trabajo, con posible influencia sobre los accidentes. La utilización de indicadores, en forma de ratios, permite valorar la mayor o menor propensión a sufrir accidentes de unos tipos de vehículos frente a otros, en nuestro caso. Esta evaluación no es posible realizar considerando únicamente los valores absolutos de accidentes o víctimas, sin referirlos a la exposición de cada uno de los grupos que se comparan.

**Ensayos de vehículos en pista.** Se han ensayado vehículos instrumentados de los diferentes tipos de furgonetas y turismos, bajo diferentes condiciones de carga, para determinar las diferencias de comportamientos dinámicos entre tipos de furgonetas y de estas con los turismos, ante maniobras con posible incidencia en la evitación o producción de accidentes. Los resultados han sido comparados con las percepciones declaradas por los conductores en las encuestas y se han utilizado para interpretar mejor las causas directas o indirectas de algunos tipos de accidentes presentes en la muestra estudiada.

**Inspecciones en carretera.** Los Factores Condicionantes son, en general difíciles de identificar e través de la Investigación en Profundidad de Accidentes y más aún generalizar los identificados a colectivos más amplios de vehículos o conductores, por ejemplo: la influencia de la carga y su estiba, algunas condiciones derivadas de la falta de mantenimiento de los vehículos o características y estado de los conductores. Las inspecciones en carretera son una herramienta eficaz para suplir, al menos en parte, esta carencia de información respecto a los factores indicados, si bien solo se ha podido aplicar a una muestra relativamente pequeña de vehículos.

**Análisis estadísticos descriptivos.** Ha permitido realizar un estudio general de los accidentes, contenidos en la Base General de Accidentes de la DGT, para obtener una visión de conjunto de los mismos: número y tipos, evolución y principales circunstancias concurrentes, de acuerdo con los datos contenidos en la referida Base.

**Minería de datos.** La aplicación de esta metodología a los accidentes de la Base General, ha permitido identificar los tipos de accidentes en los que las furgonetas manifiestan características significativamente diferentes de las de otros grupos de vehículos, especialmente los turismos, y que, en consecuencia, su estudio presenta un interés especial, con el objeto de identificar las causas de las diferencias.

**Modelos econométricos.** Para la evaluación del efecto de factores más agregados, tales como los factores normativos y de intervención, factores de

contexto social, factores de contexto económico y otros, sobre el número total de accidentes, en un país o en una región, se recurre a modelos econométricos; cuando los datos se extienden a series de años, los modelos de series temporales constituyen una herramienta muy útil. La principal herramienta de análisis de estos factores son los modelos macroscópicos de tipo DRAG (Demand Road, Accidents et leur Gravit , Gaudry, 1984) desarrollados para la explicación de las variables respuesta número de accidentes Mortales y con muertos y heridos graves, y número de víctimas heridas y mortales, en contextos nacionales y regionales.

La familia de **modelos DRAG** desarrollados permiten cuantificar el nivel de influencia de las variables del modelo sobre la respuesta mediante las elasticidades de variables de cada uno de los grupos de factores, cuyos valores se pueden obtener en los modelos para evaluar la influencia de factores como los normativos, de gestión, de contexto social y de contexto económico, entre otros.

Para evaluar la potencia predictiva de los modelos DRAG ajustados, se han ajustado modelos de Componentes no observados (Unobserved Component Model), para las mismas variables respuesta y explicativos que los DRAG. Desde el punto de vista puramente estadístico, han diseñado y analizado experimentos computacionales mediante simulación de Montecarlo y análisis de la varianza para establecer la relación entre los parámetros de ambos modelos.

Finalmente se han ajustado dos **modelos de Costes de accidentes** con furgonetas y los totales para el año 2008, que proporcionan la valoración de los accidentes en función del PIB.

A continuación se presenta de forma s ntetica las principales características de las metodologías empleadas en los diferentes estudios llevados a cabo para la compresión de las relaciones entre los accidentes con furgonetas y su severidad y los factores de influencia.

### **Metodología de Investigación de accidentes en profundidad**

Debido a dificultades encontradas en los procesos de autorización para que el equipo investigador pudiera acceder directamente a los escenarios de los accidentes y a otros datos de los mismos, ha llevado a cabo el análisis de los Informes Técnicos elaborados por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, en el caso de accidentes mortales con implicación de furgonetas ocurridos durante los años 2009 y 2010, últimos dos años disponibles. Se han tomado en consideración los accidentes mortales debido a que son aquellos en los que los Informes Técnicos disponibles cuentan con la máxima calidad posible. El número de accidentes incorporado al proyecto ha sido de 253 accidentes mortales, con 266 furgonetas implicadas.

En esta fase se ha utilizado la metodología de análisis de causalidad utilizada en Francia por l'IFSTTAR (Human Functional Failures in road accident causation process (HFF)), la cual está siendo empleada en el proyecto europeo DACOTA (Road safety Data Collection, Transfer and Analysis), financiado dentro del SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME, SUSTAINABLE SURFACE TRANSPORT. Figura 13.

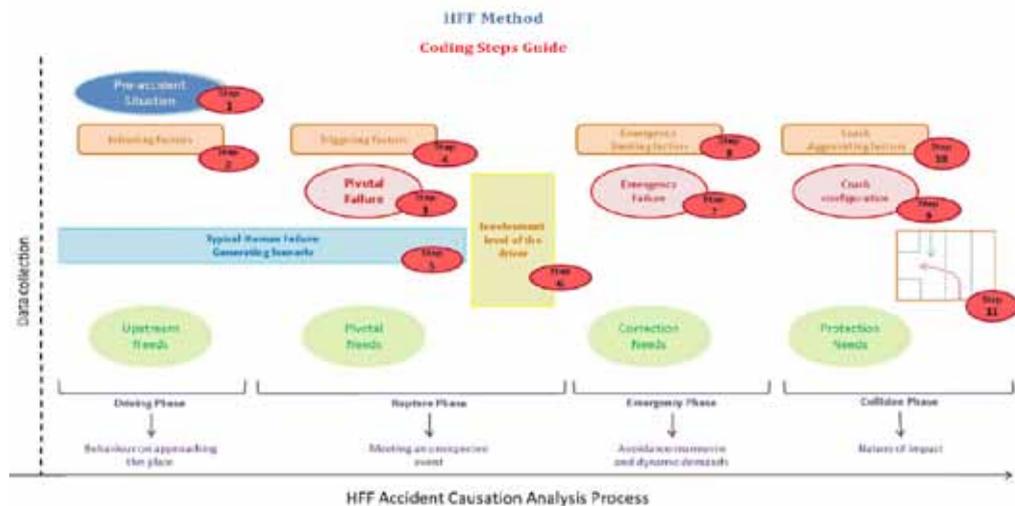


Figura 13. Esquema de la Metodología Human Functional Failures in road accident causation process (HFF).

Esta fase del proyecto ha concluido con la creación de una Base de Datos en Profundidad de accidentes mortales con furgonetas, con variables específicas de causalidad no presentes en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la DGT.

En relación con el establecimiento de los criterios de muestreo para la selección de los accidentes de interés, no ha sido necesaria su aplicación, debido a que se han introducido en la base de datos la totalidad de los accidentes mortales ocurridos en España con implicación de este tipo de vehículos, de los que existía información policial.

Para el desarrollo de: Investigación de accidentes en profundidad, se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Paquete estadístico SPSS v17.
- Programas de reconstrucción de accidentes PCCrash y HVE.
- Informes Técnicos de 253 accidentes mortales con implicación de furgonetas elaborados por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, ocurridos durante los años 2009 y 2010. Estos Informes Técnicos permite una aproximación en profundidad retrospectiva al análisis de accidentes.

- Metodología de análisis de causalidad utilizada en Francia por l'IFSTTAR (Human Functional Failures in road accident causation process (HFF)), empleada en el proyecto europeo DACOTA (Road safety Data Collection, Transfer and Analysis).

### Metodología del Estudio del parque de furgonetas.

La metodología para la obtención de la base de parque se muestra de forma esquemática en la Figura 14.

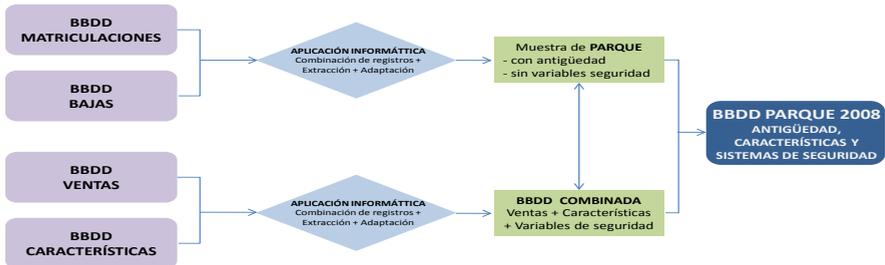


Figura 14. Tratamiento de datos e interrelación entre BBDD.

Muestra de parque circulante de furgonetas. Se obtiene del saldo entre los registros de matriculaciones y bajas de vehículos a partir de los registros oficiales de la DGT, combinados con las bases de conocimiento, procesos de depuración y asignación de características propios del IEA. Tamaño de muestra: 99,12% del parque de furgonetas (máximo nivel de confianza).

BBDD de ventas. A partir de información comercial y de ventas, obtenida mediante recopilación exhaustiva de datos de los propios fabricantes, homogeneización de estructuras, controles de calidad y contraste con otras fuentes. Contiene el detalle de versión/acabado de los vehículos, imprescindible para obtener información rigurosa sobre equipamientos.

BBDD de características técnicas. Información primaria facilitada por los fabricantes de vehículos y actualización y mejora permanente.

### Período de análisis

Referencia: Parque de Furgonetas a 31.12.2008. Las conclusiones obtenidas para el año 2008 son perfectamente aplicables a la actualidad, considerando que el ritmo de difusión de equipamientos de seguridad en el mercado de furgonetas es muy lento, por lo que la situación actual no debería ser muy diferente a la de 2009. Además el parque actual es muy similar en

su composición al parque a 31.12.2008, al que sólo habría que añadir las matriculaciones registradas desde 2009 (que han descendido sustancialmente debido a la crisis económica, especialmente notoria en el mercado de vehículos comerciales) y restar las bajas producidas.

Información sobre presencia en el parque de equipamientos de seguridad: a partir de los años 1999 ó 2000 (en algún caso desde 1997).

### **BBDD generadas**

Parque de furgonetas a 31.12.2008 con segmento, marca, modelo, características técnicas, antigüedad del vehículo y equipamientos de seguridad. Se han generado 2 bases de datos a distinto nivel de detalle, una con 12.399 registros y otra con 7.398 registros.

BBDD mensuales del parque de furgonetas correspondientes al período 1999-2008 (10 años X 12 meses = 120 bases de datos), con “airbag frontal del conductor” y “frenos ABS”, para integración de la evolución temporal del parque en modelos econométricos de análisis de accidentes.

### **Criterios de análisis de equipamientos de seguridad**

Según su disponibilidad desde el punto de vista de la oferta de los fabricantes: equipamientos de serie, opcionales o no disponibles.

Según criterios basados en su utilización, coste y percepción por los usuarios de automóviles, que explican con más lógica su presencia en el parque: equipamientos con elevada, media o escasa presencia.

### **Identificación de vehículos tipo “furgoneta” a analizar**

Se han utilizado diferentes fuentes de información técnica sobre vehículos comerciales hasta 3.500 kg, además del Reglamento General de Vehículos, registros oficiales DGT y criterios de los fabricantes, obteniendo la siguiente clasificación:

GRUPO 1: VEHÍCULOS PICK-UP	
<p>Ejemplo: Pick-up de cabina simple</p> 	<p>Ejemplo: Pick-up de cabina doble</p> 

GRUPO2: CAMIÓN CHASIS-CABINA O AUTOBASTIDOR entre 2.000 y 3.500 kg.	
Ejemplo: Camión chasis-cabina simple 	Ejemplo: Camión chasis-cabina doble basculante 

GRUPO 3: FURGÓN VAN Y COMBI/MIXTO entre 2.000 y 3.500 kg.	
Subgrupo 3.1: Variante van 	Subgrupo 3.2: Variante combi/mixto 

GRUPO 4: DERIVADOS DE TURISMO (VAN y FURGONETA) generalmente inferiores a 2.000 kg.	
Subgrupo 4.1: TURISMO VAN 	
Subgrupo 4.2: DERIVADO DE TURISMO FURGONETA (VAN Y COMBI)	
Subgrupo 4.2.1: Furgoneta van 	Subgrupo 4.2.2: Furgoneta combi 

Para el desarrollo del Estudio del parque de furgonetas se han utilizado los siguientes instrumentos:

- BBDD utilizadas para la elaboración del Parque de Furgonetas:
  - Data Warehouse del Instituto de Estudios de Automoción (IEA) con información detallada sobre matriculaciones, bajas y transferencias de vehículos. Tecnología: SQL-Server.

- BBDD de ventas de vehículos con detalle de versión y características en Access.
- Aplicaciones y procesos desarrollados:
  - Extracción automática desde el Data Warehouse con segmentación específica FURGOSEG, desarrollados en lenguaje PL/SQL.
  - Carga de versiones y características a BBDD Parque desarrollada en VisualBasic 6, utilizando metodologías estadísticas de ponderación IEA.
  - Asociación de ventas (características y versiones) con matrículas desarrollada en JAVA sobre servidor web/aplicaciones Tomcat y base de datos MySQL, utilizando herramienta de desarrollo Eclipse.
  - Verificación de resultados mediante sistema de consultas sobre formatos finales Access.
  - Para la comparativa con turismos: selección de muestras estratificadas por segmentos de turismos y todoterrenos y extrapolación ponderada según metodología estadística IEA.
- Medios físicos: 2 servidores para almacenamiento y proceso de datos HP DL 120G5/XE3065 + dispositivos auxiliares.

### **Metodología del Estudio de la influencia de los sistemas de seguridad sobre los accidentes con implicación de furgonetas**

El objetivo es evaluar la influencia de los sistemas de seguridad en la evitación de accidentes de furgonetas y la reducción de sus consecuencias. La motivación de este estudio parte de la hipótesis de que el equipamiento de seguridad de este tipo de vehículos es muy inferior al de los turismos de igual antigüedad, lo que puede justificar que no se obtengan las reducciones esperadas de accidentes, heridos y muertos en siniestros con implicación de furgonetas. Por ello, se estudia el posible efecto sobre la seguridad de la renovación del parque de furgonetas por nuevos vehículos dotados de ciertos sistemas de seguridad.

En primer lugar, cabe indicar que, el estudio inicialmente enfocado a sistemas de seguridad activa, ya que son los que mayor potencial presentan para el futuro, se ha abierto a sistemas de seguridad pasiva. Esta decisión se fundamenta en el hecho de la mayor implantación de los sistemas de seguridad pasiva en el conjunto de los vehículos, pero que presentan carencias de implantación en furgonetas. Se ha definido la siguiente lista preliminar de sistemas (Tabla 1).

Tabla 1. Lista inicial de sistemas

SEGURIDAD ACTIVA	SEGURIDAD PASIVA
ABS Asistencia a la frenada ESP Limitador de velocidad Control de cruceo <b>adaptativo: ACC y FCW</b> Sistema de aviso de salida de carril Sistema de asistencia en adelantamientos Iluminación mejorada y adaptativa Visión nocturna Asistencia para intersecciones Alerta y mitigación de colisiones frontales Detección de peatones y frenado automático Sistemas de detección de fatiga al volante Limitador de carga por eje Alcohólimetro	Cinturón de seguridad Pretensores del cinturón de seguridad Avisador de cinturón de seguridad Airbag frontal / lateral / de cabeza Reposacabezas

Para analizar el efecto sobre la seguridad de la renovación del parque de furgonetas, se han empleado las siguientes fuentes de información:

- Estudios de efectividad de los sistemas de seguridad.
- Datos de presencia de los sistemas de seguridad en el parque de furgonetas del año 2008 (base de datos desarrollada por IEA)
- Datos de accidentes con víctimas (base de datos de accidentes de tráfico con víctimas en España en 2008 de la DGT).
- Bases de datos del estudio en profundidad de los accidentes mortales con implicación de furgonetas ocurridos en los años 2009 y 2010.

Se debe considerar que el análisis del impacto potencial de la renovación del parque se centra en los sistemas de seguridad activa, estudiando los

accidentes que se podrían evitar. Así, se ha restringido este estudio a los siguientes sistemas: ABS, ESP y limitador de velocidad. En cuanto al resto de sistemas antes indicados, se han registrado los resultados obtenidos en trabajos previos. La metodología seguida para los primeros es la siguiente:

- Estudio bibliográfico sobre los principales y más recientes estudios sobre efectividad de cada uno de los sistemas. Aplicación de los resultados reportados a la estimación de la reducción de los accidentes en los que intervienen 3 sistemas seleccionados (ABS, ESP y limitador de velocidad).
- Análisis de eficacia de los dispositivos de seguridad activa sobre los accidentes mortales, con implicación de furgonetas, ocurridos en los años 2009 y 2010. En esta fase se ha aplicado la metodología de análisis de causalidad utilizada en Francia por l'IFSTTAR (Human Functional Failures in road accident causation process (HFF)), y empleada en el análisis en profundidad de accidentes en el presente proyecto.
- Se analiza la presencia de ABS, ESP y limitador de velocidad en los vehículos del parque del año 2008. En el estudio se adoptarán únicamente como vehículos con el sistema disponible, aquellos que lo tengan como equipamiento de serie, sin considerar los opcionales, al no conocer las ventas de aquellos.
- Identificación de los accidentes pertinentes relacionados con el sistema de seguridad concreto (ABS, ESP y limitador de velocidad). Debe tenerse en cuenta que todos los estudios de efectividad no coinciden plenamente en sus resultados. Por ello, se emplearán los datos de algunos de ellos y se compararán los resultados finales que se obtengan. Además, existen estimaciones de evitación de accidentes referidos a tipologías de accidentes que pueden ser directamente evitados por los sistemas en cuestión, mientras que otros presentan los resultados sobre el total de accidentes, muertos o heridos.
- Se analiza la antigüedad de los vehículos accidentados en 2008 bajo las condiciones de los estudios de efectividad. Además, se incluyen los datos de muertos y heridos graves.
- Se establece la hipótesis de que la presencia de vehículos con el sistema de seguridad objeto de estudio, entre los siniestrados es, en proporción, igual a la proporción de vehículos con el sistema de seguridad para ese año de matriculación. Esta hipótesis es conservadora ya que parte de la consideración de que el sistema no ha influido en la reducción de los accidentes.
- Se adoptan los estudios de efectividad del sistema que pueden correlacionarse con los datos incluidos en la base de datos de accidentes

- Se realiza la estimación del efecto de la renovación del parque por vehículos que incorporan el sistema de seguridad. Para ello, se considera que los accidentes de los vehículos que tenían el sistema no son evitables, mientras que al resto de accidentes se les supondrá una reducción dada por el estudio de efectividad considerado.

Debe hacerse notar que, de forma conservadora, se pueden analizar sólo aquellos accidentes en los que hay una furgoneta implicada, con o sin contrarios. Se contempla la posibilidad de incluir los casos en los que hay más de una furgoneta implicada, si bien esto implica un estudio más pormenorizado de los años de matriculación de las mismas, ya que la presencia de los sistemas de seguridad no será igual. Sin embargo, el añadir estos resultados no lleva a modificaciones significativas sobre los datos globales de efectividad, ya que este grupo de accidentes es poco significativo frente al total.

Para llevar a cabo el Estudio de la eficacia de sistemas de seguridad, se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Estudios sobre eficacia presentes en la bibliografía
- Base de datos de accidentes con víctimas en España de la DGT
- Base de datos de la presencia de los sistemas de seguridad en el parque de furgonetas (parque del año 2008 en España)
- Programa estadístico SPSS.
- Programas de reconstrucción de accidentes PCCrash y HVE.
- Metodología de análisis de causalidad “Human Functional Failures in road accident causation process” empleada en el proyecto europeo DACOTA (Road safety Data Collection, Transfer and Analysis).
- Base de Datos en profundidad de los accidentes mortales con furgonetas de los años 2009 y 2010.

### **Metodología del Estudio de resultados de ITV y mantenimientos.**

Para estudiar cómo el mantenimiento realizado en furgonetas puede influir en la seguridad de las mismas y, por lo tanto, en los accidentes de tráfico, se llevaron a cabo los siguientes estudios:

- Obtención y análisis estadístico de resultados de inspecciones proporcionados por una muestra de empresas concesionarias de ITV, al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, para diferentes años y en distintas Comunidades Autónomas. Este estudio se centró en vehículos destinados al transporte de mercancías cuya MMA < 3500 kg debido a que, teniendo en cuenta la correspondencia entre las categorías de vehículo establecidas por el Manual de Procedimiento y las establecidas por el Reglamento General de Vehículos, este tipo de vehículo era el que podía aportar una información más representativa de las furgonetas definidas en el presente proyecto.

- Comparativa de los resultados obtenidos en las inspecciones para vehículos destinados al transporte de mercancías con MMA < 3500 kg con los resultados obtenidos en las inspecciones para otros tipos diferentes de vehículos (vehículos destinados al transporte de mercancías con MMA > 3500 kg y vehículos turismos). Estos tipos de vehículos pueden incluir a vehículos que están contenidos dentro de lo que se entiende por furgoneta.
- Realización de un estudio de campo en ITV's para determinar los índices de rechazo en función de los defectos leves (DL) y graves (DG) encontrados en las furgonetas. En este mismo estudio, se ha realizado una encuesta a los conductores de las mismas para determinar si existía alguna variable (antigüedad, kilometraje, tipo de carga transportada, realización de mantenimiento o no, etc.) que influyera de manera importante en el número y tipo de defectos encontrados.
- Obtención y análisis estadístico de los planes de mantenimiento de furgonetas.
- Correlación entre los defectos identificados en las inspecciones ITV con los elementos de este tipo de vehículos susceptibles de mantenimiento.

Para llevar a cabo el conjunto actividades integradas en la metodología descrita, se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Fichas de resultados de inspección que las empresas concesionarias de ITV remitieron por imperativo legal al, en su momento MICYT (Ministerio de Ciencia y Tecnología) para todos los tipos de vehículos desde el año 2003 hasta el año 2007.
- Encuesta sobre mantenimiento efectuada a 167 conductores de furgonetas en la ITV de la que se ha obtenido el informe de inspección. Diseño y aplicación.
- Fichas de 11075 inspecciones realizadas en España a furgonetas durante el año 2010.

### **Metodología de la Encuesta a conductores y Estudios de movilidad interurbana. Técnicas de muestreo y bootstrap**

En el año 2009 se realizó una encuesta a 3693 conductores de furgonetas en estaciones ITV, talleres y centros logísticos. El objetivo de las 56 preguntas fue la obtención de información relativa al uso, mantenimiento, movilidad y otros aspectos del vehículo y su explotación.

## Diseño de la muestra

Para el diseño de la encuesta se ha optado por una técnica clásica de muestreo para reducir la varianza, el muestreo estratificado.

El muestreo estratificado consiste en dividir la población en subconjuntos o estratos, de manera que se garantice que cada uno de ellos esté presente en la muestra y en una proporción acorde con la importancia relativa del estrato.

A la hora de escoger los estratos, se debe tener en cuenta que la estratificación es óptima cuando se minimizan las varianzas intra-estrato, maximizándose las diferencias entre estratos.

Se ha hecho por tanto la estratificación juntando regiones que se consideran homogéneas desde el punto de vista de la distribución de las variables aleatorias de la encuesta, es decir del comportamiento y uso de los conductores y furgonetas.

Una vez escogidos los estratos cumpliendo lo mejor posible este criterio, la distribución de la muestra total en los estratos, es decir, los tamaños muestrales de los estratos, se deben escoger proporcionales a su importancia relativa.

Desde el punto de vista abstracto, esa importancia relativa viene determinada por dos valores:

- 1) La proporción que ese estrato supone del total de la población, o dicho de otra forma, la probabilidad de que un elemento de la población elegido al azar, forme parte de la muestra; esta proporción o probabilidad se puede medir por la proporción del número de vehículos o del número de conductores.
- 2) La variabilidad de la variable aleatoria cuya distribución se quiere estimar; cuanto mayor sea, mayor será la proporción de la muestra en ese estrato; en la práctica, no es fácil disponer a priori, es decir, antes de realizar la encuesta, estimaciones fiables de su valor; puede ocurrir cuando la encuesta se hace sucesivamente en el tiempo, y se utilizan estimaciones a partir de años anteriores para el diseño de las muestras posteriores. En nuestro caso, al ser la primera vez que se realiza la encuesta, no se dispone de información fiable.

Por tanto, a falta de información para aplicar el segundo criterio, es decir, sobre la varianza de la movilidad en los estratos, se ha realizado la estratificación de acuerdo exclusivamente con el primer criterio, tamaño del

estrato, medido como el número de matriculaciones en los últimos diez años.

Existen dos casos para el análisis: variables categóricas (no numéricas) y variables numéricas.

- 1) Para las variables categóricas solamente hay que estimar las proporciones de las distintas categorías, con la restricción de que sumen la unidad.
- 2) Para las variables cuantitativas, hay que estimar toda la distribución, que supondría a priori estimar infinitos parámetros (media, varianza, percentiles).

El error en la estimación se puede cuantificar a partir de los intervalos de confianza, concretamente la mitad de la amplitud del intervalo de confianza.

En la encuesta se analizan más de una variable categórica y más de una variable cuantitativa; el estudio que sigue es válido para cualquiera de las variables de cada categoría, y los márgenes de error deben ser válidos para el caso más desfavorable; esto es especialmente relevante en el caso de las variables cuantitativas, en que no existe un umbral analítico para la dispersión del estimador; en el caso de las variables categóricas si existe y corresponde a una proporción igual a  $1/2$ .

Para las variables categóricas, el intervalo de confianza para cada proporción es aproximadamente

$$\hat{p} \pm 2\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$$

Si se supone que el intervalo contiene al valor verdadero del parámetro, que típicamente ocurre con un 95% de probabilidad, el error absoluto máximo que se comete al escoger la media muestral  $\hat{p}$  como estimación de  $p$  es

$$2\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$$

En el caso más desfavorable, es decir, para el cual el error es máximo, se tiene  $p = 0.5$  y el error igual a

$$1/\sqrt{n}$$

Para un tamaño de muestra como el de nuestra encuesta, de aproximadamente 3600 para toda España, se tiene un error de  $1/60$ , es decir del 1,7%.

Para las variables cuantitativas y los intervalos obtenidos a partir de remuestreo, como es el caso de este trabajo, no existe una expresión analítica que exprese su amplitud en función del tamaño de la muestra; sin embargo, se pueden aplicar como referencia resultados correspondientes a la inferencia bajo distribución normal, concretamente para la esperanza  $\mu$ ; la expresión del intervalo en este caso es:

$$\bar{x} \pm 2\hat{s} / \sqrt{n}$$

Donde se ha aproximado a 2 el percentil del distribución t- de Student, esto es una buena aproximación para muestras grandes.

Si se supone que el intervalo contiene al valor verdadero del parámetro, que típicamente ocurre con un 95% de probabilidad, el error absoluto máximo que se comete al escoger la media muestral  $\bar{x}$  como estimación de  $\mu$  es

$$2\hat{s} / \sqrt{n}$$

y el error relativo

$$2\hat{s} / \mu\sqrt{n}$$

Vemos que este error depende del valor de la desviación típica estimada,  $\hat{s}$  que no se conoce antes de tomar la muestra; por tanto, para estimar el error y el tamaño de muestra necesario para conseguirlo, hay que formular una hipótesis sobre el cociente, llamado coeficiente de variación CV, es decir qué proporción de la media supone la variabilidad.

Si se supusiera que esa proporción es del 50%, el error relativo sería

$$2 \times 0,5 / \sqrt{n}$$

Una vez más, para un tamaño muestral de aproximadamente 3600 como el que se ha tomado en la muestra para el total de España, tendríamos una vez más 1/60, es decir del 1,7%.

Es muy importante tener en cuenta que, evidentemente, para cada estrato, el tamaño de muestra es más pequeño y la precisión menor. Para la estimación nacional, el error es menor porque el efecto de un tamaño de muestra mayor es conseguir una menor desviación a través de una mayor cancelación de desviaciones de distinto signo.

### **Diseño de la muestra. Distribución regional**

La muestra a analizar se va a estratificar de dos formas, la primera a nivel

regional, y la segunda por grupos o tipos de furgonetas. Para la primera, se ha tratado de recoger diferencias, entre las distintas regiones de España, a rasgos culturales, climatología y topología y, al mismo tiempo, no producir una excesiva atomización de las sub-muestras. Esta distribución regional se ha hecho según la siguiente clasificación (ver figura):

- Región 1: Andalucía.
- Región 2: Castilla León, Castilla-La Mancha y Extremadura.
- Región 3: Madrid.
- Región 4: Valencia y Murcia.
- Región 5: Cataluña.
- Región 6: Galicia y Asturias.
- Región 7: Cantabria, País Vasco, Navarra y La Rioja.
- Región 8: Aragón.

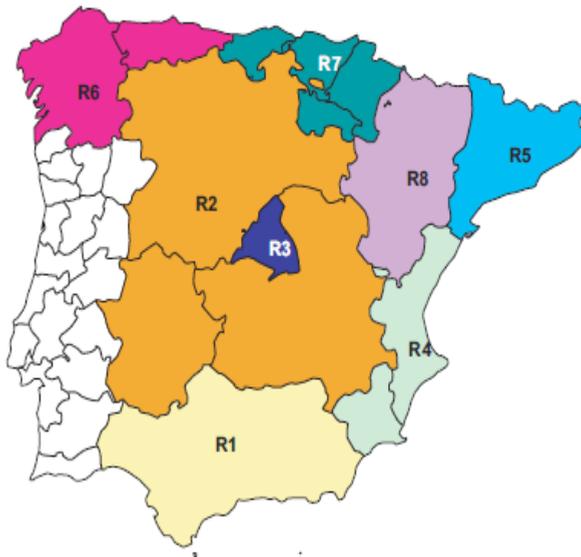


Figura 15. Distribución regional de la muestra

### Diseño de la muestra. Distribución por tipos de vehículo

La segunda estratificación se corresponde con el tipo de vehículo analizado dentro del denominado grupo de las furgonetas, que según la normativa actual se corresponde con el N1: vehículos ligeros de transporte de mercancías cuya masa máxima es menor de 3,5 toneladas. Se han tenido en cuenta cuatro

tipos de vehículo de esta categoría, atendiendo a la definición establecida en el proyecto para la estimación del parque de furgonetas realizado por el IEA y que se detalla en el capítulo 6.

- Grupo 1: Pick-up.
- Grupo 2: Camión de caja abierta o cerrada.
- Grupo 3: Furgón, furgoneta.
- Grupo 4: Derivado de turismo.

La encuesta se ha llevado a cabo en 20 provincias españolas, pertenecientes a las ocho regiones antes mencionadas. Como se mencionó anteriormente, la distribución por grupos del tamaño total de la muestra ha sido efectuada en función de las ventas de los mismos en los últimos diez años. Las encuestas se han llevado a cabo en estaciones ITV (63%), talleres (19%), empresas (9%) y centros logísticos (9%), tratando de minimizar los posibles sesgos que puede introducir utilizar un único tipo de área de acceso de estos vehículos.

### Contenido de la encuesta

La encuesta consta de preguntas que dan información a dos tipos de variables: cuantitativas y cualitativas o categóricas. La lista de ambos tipos de variables se muestra en las siguientes secciones.

### Variables cuantitativas

- 1 % Mercancías (resto mixto)
- 2 N° de provincias de paso en el recorrido
- 3 Media de Km recorridos habitualmente
- 4 N° de ocupantes habituales del vehículo
- 5 % Ocupación del volumen de carga
- 6 Peso de la carga (kg)
- 7 Frecuencia de mantenimiento (Km)
- 8 Frecuencia de mantenimiento (meses)
- 9 MMA (kg)
- 10 Tara (kg)
- 11 Km (del cuentakilómetros)
- 12 Desplazamientos urbanos
- 13 Desplazamientos nacionales
- 14 Desplazamientos autopista/autovía
- 15 Desplazamientos comarcales
- 16 N° averías frenos en últimos dos años
- 17 N° averías dirección en los últimos dos años
- 18 N° averías luces en últimos dos años

- 19 N° averías suspensión en últimos dos años
- 20 N° averías chasis en últimos dos años
- 21 N° averías fugas carburante en últimos dos años
- 22 N° averías fuga aceite en últimos dos años
- 23 N° de colisiones durante la circulación
- 24 N° colisiones durante la circulación último año
- 25 N° colisiones durante la circulación penúltimo año
- 26 N° colisiones sin daños en los últimos dos años
- 27 N° colisiones con daños leves en los últimos dos años
- 28 N° colisiones con daños graves en los últimos dos años
- 29 N° colisiones con daños mortales en los últimos dos años
- 30 N° colisiones en ciudad en los últimos dos años
- 31 N° colisiones en carretera en los últimos dos años
- 32 N° salidas de la vía en los últimos dos años
- 33 N° de vuelcos en los últimos dos años
- 34 N° de otro tipo de colisiones en los últimos dos años
- 35 Antigüedad del vehículo (años)
- 36 Edad del conductor (años)
- 37 Antigüedad del conductor (años)
- 38 Año expedición del permiso
- 39 Formación recibida con anterioridad (horas)
- 40 Tiempo medio de conducción diaria (horas)
- 41 Tiempo habitual de conducción continua sin paradas (horas).

### **Variables cualitativas**

- 1 Cuando realiza el transporte
- 2 Tipo de mercancía que transporta
- 3 Horario de jornada de trabajo
- 4 Lugar de mantenimiento del vehículo
- 5 Programación de revisiones con libro de mantenimiento
- 6 Elementos de seguridad instalados en el vehículo
- 7 Percepción de la importancia de posibles elementos de seguridad instalados en el vehículo
- 8 Conducción similar a turismo
- 9 Comportamiento diferente con carga
- 10 Comportamiento diferente de la conducción con respecto a turismo
- 11 ITV en vigor
- 12 ITV con fallos al última vez
- 13 Nacionalidad del conductor
- 14 Formación previa como conductor de este tipo de vehículo
- 15 Tipo permiso de conducir

## Análisis estadístico

La metodología empleada para el tratamiento de los datos obtenidos mediante la encuesta, tiene dos etapas:

- 1) **Análisis de estadística descriptiva de los resultados.** Se resumirá la información con gráficos y medidas de centralidad (medias) y dispersión (varianzas). Es el primer contacto con los datos.
- 2) **Análisis estadístico en profundidad,** aplicando técnicas de inferencia que cuantifiquen la incertidumbre y que refuercen las conclusiones. Incluye estimación puntual y por intervalos de confianza. Como se quiere que el análisis no sea dependiente del cumplimiento de hipótesis rígidas sobre la distribución de las variables, se han aplicado técnicas no paramétricas de inferencia, concretamente el remuestreo o bootstrap, para obtener intervalos de confianza.

Se ha obtenido la muestra con muestreo estratificado, para reducir la varianza de los estimadores, a través de garantizar la representatividad de todos los estratos en la muestra. La aplicación del remuestreo-bootstrap a la muestra estratificada añade cierta complejidad computacional respecto del caso de muestreo aleatorio simple, cuando se integren las muestras de los estratos para obtener los indicadores agregados.

**Se ha dedicado especial atención a la estimación de la movilidad interurbana de furgonetas.**

### Remuestreo (bootstrap) aplicado al muestreo estratificado.

Inicialmente el objetivo del proyecto era obtener la estimación de Indicadores agregados a nivel nacional, si bien finalmente se han calculado y se presentan los indicadores de todas las variables cuantitativas y cualitativas estudiadas de cada estrato (región-grupo de furgonetas). La metodología desarrollada ha sido codificada en el software diseñado para este fin mediante programación en Matlab, para la obtención de los estimadores correspondientes a toda la población (toda España) a partir de los datos de los estratos.

La estimación de la distribución de cualquier variable cuantitativa, a partir de las preguntas de la encuesta, tiene dos vertientes:

- La estimación de medidas de centro, típicamente la media, que es la que se utiliza en este estudio como valor en torno al cual oscilan los datos.
- La estimación de la incertidumbre o variabilidad de los datos; en este estudio se mide a través de:

- La varianza o, su raíz cuadrada, la desviación típica.
- Los percentiles de la distribución: 2,5%, 85% y 97,5%; el intervalo comprendido entre los percentiles del 2,5 y el 97,5 incluyen el 95% central de los datos.
- Otra vertiente de la incertidumbre son los intervalos de confianza para la media, varianza e incluso para los percentiles estimados; cuanto más anchos sean los intervalos, mayor es la incertidumbre de la estimación, que es un reflejo (también influye el tamaño de muestra en la amplitud de los intervalos) de la variabilidad de los datos.

Los análisis planteados se efectúan a varios niveles:

- a) Para las regiones en estudio del territorio nacional (ocho) y para cada uno de los tipos de furgoneta (cuatro).
- b) Posteriormente se realiza un estudio integrado de las ocho regiones para cada tipo de vehículo, que es el de mayor importancia para tener el valor de los ratios de movilidad para furgonetas a nivel nacional y, a partir del cual, se pueden concluir los resultados de este trabajo.
- c) Por último se realiza un cálculo integrado de todos los datos, sin importar el tipo de vehículo o región.

Aunque la distribución de datos obtenidos para las variables en estudio suele aproximarse razonablemente a la normal, para este análisis se ha empleado la técnica no paramétrica de remuestreo (bootstrap en la literatura anglosajona), que es no dependiente de hipótesis sobre el tipo de distribución. Esta sofisticación supone un cierto avance metodológico respecto a los procedimientos más tradicionales y restrictivos. Como ya se señaló anteriormente, la aplicación del remuestreo - bootstrap a la muestra estratificada añade cierta complejidad computacional respecto del caso de muestreo aleatorio simple, cuando se integren las muestras de los estratos para obtener los indicadores agregados.

Para el desarrollo y tratamiento de la Encuesta a conductores se han utilizado los siguientes instrumentos y metodologías:

- Muestro estratificado para la determinación de los tamaños de muestra de la encuesta mediante código escrito en MATLAB.
- Encuesta de movilidad de los vehículos del parque según tipos, edad, conductores y usos dirigida a 3693 conductores en el territorio nacional excepto islas.
- Programa SPSS para distribuciones de las variables contenidas en

cada pregunta.

- Técnicas bootstrap con programa escrito en código MATLAB para la estimación de la incertidumbre y estimaciones puntuales de las preguntas de la encuesta.
- Rutinas de SAS para la descripción estadística de la muestra encuestada.

### **Indicadores de accidentalidad**

Para la obtención de los indicadores que se proponen, de gran interés para estudios de seguimiento y comparativos, se han llevado a cabo estudios específicos de obtención de la movilidad total de furgonetas, y por grupos, a partir de los datos obtenidos en diferentes estudios desarrollados en este proyecto, como son:

- Estudio del parque de furgonetas.
- Encuesta a conductores.
- Estudios de movilidad urbana e interurbana.
- Análisis estadísticos descriptivos de los accidentes de la Base General de Accidentes de la DGT.

El resultado es una propuesta de 4 Indicadores relacionados con la exposición, 7 Indicadores relacionados con las consecuencias, y 2 Indicadores relacionados con los costes estimados para el año 2009. Los mismos indicadores se obtienen para turismos y camiones pesados, con efectos comparativos. En donde ha sido posible, los indicadores calculados se comparan con otros datos existentes a nivel europeo.

### **Metodología del Estudio de movilidad urbana**

El objetivo es buscar una forma de medir la movilidad. El Ministerio de Fomento, en su informe anual, define los *vehículos-kilómetro* como:

“La magnitud que indica la suma total de los kilómetros recorridos por todos los vehículos que utilizan la carretera correspondiente en un periodo de tiempo.”

La Metodología utilizada tradicionalmente en los estudios de movilidad para el cálculo de los vehículos-km en las distintas tipologías de vehículos estaba basada en las “encuestas domiciliarias”.

En esos estudios, para valorar el parámetro de “distancia de viaje”, se

considera una línea recta entre el lugar de origen y el lugar de destino principal. Pero en el caso de las furgonetas tratarlo de esta manera acarrearía muchos inconvenientes, ya que:

- No coincide con la distancia real recorrida por la furgoneta
- No tendría en cuenta las numerosas paradas que una furgoneta de transporte de mercancías realiza a lo largo del día
- Los viajes de una furgoneta que va y viene a un mismo lugar estarían siendo descartados

Por ello, es necesario establecer una metodología novedosa para el estudio de la movilidad de este tipo de transporte que dé como resultado una valoración de los vehículos-km. Dicha novedad, está basada en la instalación de una serie de GPS en el interior de algunas furgonetas según tipo de mercancía para así poder estudiar con datos reales la movilidad de las furgonetas.

La metodología utilizada consiste en la:

1. Caracterización de la movilidad según tamaño de ciudad y tipo de servicio atendiendo a patrones de viaje
2. Cuantificación de la movilidad urbana de furgonetas, incluyendo el estudio del parque de furgonetas

Para lograr dichos objetivos se han utilizado las siguientes herramientas:

- a) Toma de los datos: Modelo de GPS N-AUTO PLUS® (guía de usuario: [http://www.navento.com/NaventoWebCorp/Documentos/Productos/HP\\_NAutoPlus\\_EN.pdf](http://www.navento.com/NaventoWebCorp/Documentos/Productos/HP_NAutoPlus_EN.pdf)) para poder tomar datos reales de movilidad (número de paradas, distancias y tiempos entre paradas, etc.)
- b) Tratamiento estadístico de los datos: Programa SPSS para el establecimiento de correlaciones entre las variables, obteniendo una relación directa entre número de paradas y distancia y tiempos entre paradas.
- c) Valoración de los resultados: Base de datos del Parque de Furgonetas (año 2008) realizado por IEA para FURGOSEG, lo que ha servido para establecer resultados cuantitativos y comparativos de la movilidad urbana de furgonetas que complementan los resultados cualitativos que aportaron los estudios con los datos de GPS.

### **Ensayos de vehículos en pista para el estudio del comportamiento dinámico de furgonetas**

Una de las hipótesis de trabajo para justificar el diferente comportamiento,

en accidentes, de las furgonetas frente a otro tipo de vehículos, como los turismos, reside en el hecho de que las furgonetas pueden presentar un comportamiento dinámico diferente al de los turismos, mientras que sus conductores no necesitan de permisos de conducir con requisitos específicos. Por otra parte, estos vehículos pueden estar sometidos a estados de carga muy variables, que influyan sobre ese comportamiento dinámico. En este sentido, una parte importante de los conductores han manifestado que este tipo de vehículos responde de forma diferente y debe ser conducido de forma distinta a un turismo y, además, que el estado de carga influye sobre dicho comportamiento.

Para analizar los anteriores aspectos, se ha planteado un enfoque teórico-experimental que incluye ensayos en pista y simulaciones con un programa de dinámica vehicular, con el fin de corroborar o refutar las hipótesis anteriores.

### **Enfoque experimental: Ensayos en pista**

Se han desarrollado ensayos en pista con furgonetas de las diferentes categorías definidas en el proyecto FURGOSEG, así como con furgonetas del mismo grupo pero características diferentes. Por otra parte, en todos los casos, se ha analizado la influencia de la carga, con ensayos en tres estados de carga que varían entre un estado en orden de marcha, el cual incluye al conductor, los líquidos necesarios para el funcionamiento del vehículo y la instrumentación, hasta estados de carga que implican una cierta sobrecarga, variable en función del tipo de vehículo.

Los ensayos comprenden maniobras de frenado en recta, desde varias velocidades iniciales, y ensayos de giro de volante. En el primer caso, se han realizado ensayos en vehículos con y sin ABS, llegándose, en algunos casos a desactivar el sistema en vehículos dotados del mismo para realizar las comparaciones oportunas. En el caso de los ensayos de giro de volante, se han realizado aquellos orientados a la determinación del comportamiento virador (ensayos a radio constante, a velocidad constante y a ángulo de giro de volante constante). Dado que estos ensayos son relativamente fáciles de reproducir, se alcanzan altos niveles de repetitividad. Sin embargo, ensayos más complejos que pudiesen reproducir condiciones más cercanas a las presentes en accidentes, son complicadas de realizar con seguridad y repetitividad.

La instrumentación embarcada permite medir velocidad, aceleraciones, ángulo de volante, ángulos girados por la masa suspendida y trayectoria con altos niveles de precisión.

### **Enfoque teórico: Simulaciones de la dinámica vehicular**

Dada la limitación anterior del enfoque experimental, se ha recurrido al uso de programas de simulación de la dinámica vehicular para comparar el comportamiento entre furgonetas y turismos bajo maniobras de esquivar, cambio de carril, etc. El programa de simulación empleado es el TruckSim de Mechanical Simulation. Este programa tiene una amplia librería de modelos

de vehículos industriales y permite la simulación de maniobras en bucle abierto y cerrado. De igual forma, permite la modificación de gran número de parámetros de los componentes del vehículo (suspensión, dirección, motor, neumático, etc.).

En las simulaciones realizadas se pretende determinar la influencia del vehículo y de la carga. Para ello, se ha elegido la configuración de chasis-cabina. Como pesos y dimensiones se adoptan los del vehículo ensayado en el enfoque experimental de la categoría 2.

En la elección de las maniobras debe hacerse notar que se ha tenido en cuenta los escenarios más usuales de accidentes con furgonetas; en la mayor parte de los mismos, no existe acción alguna por parte del conductor. En algunos se ha observado una maniobra de frenado previa a la colisión y, en otros, dicha maniobra podría haber evitado el siniestro. Sin embargo, los ensayos en pista han resultado bastante concluyentes en este tipo de maniobras, tanto en lo referente al tipo de vehículo como a la carga y la presencia o no del ABS. Por otra parte, en otro grupo de accidentes se ha observado una maniobra brusca del conductor sobre el volante que le hace perder el control. Estas maniobras resultan complicadas de reproducir en simulación (y de conocer en cada caso de forma fiel), pero su fase inicial se puede aproximar, en muchos casos, por una acción senoidal sobre el volante. Así, se toman dos tipos de maniobras:

- En primer lugar se reproducirán las maniobras de giro de volante en las maniobras de radio constante, con el fin de determinar el comportamiento virador del vehículo. Estas simulaciones vienen motivadas por el hecho de la alta dispersión de resultados del coeficiente de viraje (Kv) obtenidos a partir de los ensayos en pista y las conclusiones, en algunos casos contradictorias, que se obtuvieron.
- Por otra parte, se simulará una entrada de volante senoidal. En concreto, se simula un ciclo completo de senoide de 90° en volante de amplitud y periodo 2 segundos. Con esta maniobra se pretende simular la fase inicial de un “volantazo”.

Para el desarrollo de los Ensayos de vehículos en pista, se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Pista de ensayos del INSIA
- Vehículos de las diferentes categorías definidas en el proyecto
  - Iveco Daily (chasis – cabina)
  - Iveco Daily (furgón)
  - Mercedes Vito
  - Peugeot Partner
  - Peugeot 307
- Instrumentación:
  - Sensor de velocidad sin contacto L-CE Correvit
  - Plataforma giroscópica RMS FES 33
  - Sensor de giro de dirección de las ruedas RV4
  - Receptor GPS ASTECH modelo G-12

- Acelerómetro Sensorex 4610
- Sensor de hilo ASM
- Conversor de Bus Can Vector CANcaseXL
- Tarjetas de adquisición
- Equipos de registro
- Programa de simulación de la dinámica vehicular TruckSim

### **Metodología de las Inspecciones en carretera**

En el año 2010 se realizó un plan de inspecciones en carretera a 306 conductores de furgonetas, con la colaboración de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil. El objetivo de las mismas fue la obtención de información relativa al uso y estado de los vehículos objeto de estudio. Para ello se aplicó el mismo diseño estratificado de la muestra dirigida a conductores, con el dimensionado sujeto a las posibilidades concretas de la colaboración conseguida. Los datos de la misma han sido tratados de forma análoga a los de la encuesta de movilidad y usos.

Los instrumentos para el desarrollo de Inspecciones en carretera fueron:

- Formulario de factores a inspeccionar
- Equipo de inspección (en el marco de este proyecto se ha contado con la colaboración de la Agrupación de la Guardia Civil de Tráfico que ha realizado las inspecciones).
- Programa SPSS para distribuciones de las variables contenidas en cada pregunta.
- Técnicas bootstrap con programa escrito en código MATLAB para la estimación de la incertidumbre y estimaciones puntuales de las preguntas de las inspecciones relacionadas con la movilidad interurbana.

### **Metodología del análisis estadístico descriptivo**

Para el desarrollo del análisis estadístico descriptivo, se han utilizado los siguientes instrumentos

- 880.000 accidentes de la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la DGT (período 2000 – 2008).
- Rutinas de SAS para la descripción estadística de la muestra encuestada
- Programa estadístico SPSS

## Metodología de la Minería de datos

Se ha efectuado un análisis de minería de datos de los registros de accidentes contenidos en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas (DGT), para la identificación de los factores de influencia más relevantes. Alrededor de 90.000 accidentes anuales son registrados en esta Base, siendo el periodo de estudio el comprendido entre los años 2000 y 2008.

Para este análisis se ha empleado la herramienta de Árboles de Clasificación y Regresión (CART), la cual es una técnica multivariable, y no paramétrica, especialmente adecuada con fines de clasificación. Permite explorar grandes cantidades de datos, y detectar las interacciones significativas entre las variables explicativas y la variable dependiente. Como método de crecimiento se ha empleado el algoritmo CRT.

Esta fase del proyecto ha concluido con la creación de un conjunto de Modelos de Árboles de Clasificación y Regresión, relacionados con las hipótesis manejadas a lo largo del trabajo.

Para el desarrollo de la Minería de datos se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la Dirección General de Tráfico, ampliada con datos de matriculaciones.
- Programa estadístico SPSS para el análisis de Minería de Datos aplicado a los accidentes contenidos en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la DGT (período 2000 – 2008; aproximadamente 880.000 accidentes). Esta herramienta permite el análisis estadístico aplicado en este PT.
- Procedimientos de SAS y Modelos de Enterprise Miner de la minería de datos de la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la DGT (período 2000 – 2008) para la identificación de patrones de accidentes con implicación de tipos de vehículos.

## Metodología de Modelos dinámicos de series temporales. DRAG y UCM.

Los Modelos econométricos (DRAG y Arima dinámicos) han permitido evaluar la influencia en los accidentes de factores socioeconómicos; de infraestructuras; parque; de carácter normativo; de vigilancia y control y otros que, por no presenta relaciones directas, detectables a través del estudio (“micro”) de los accidentes, solo es posible evaluarlos mediante la aplicación de este tipos de métodos de naturaleza “macro”.

### El modelo DRAG

La metodología DRAG fue desarrollada inicialmente por Gaudry (1984) y Gaudry y Lassarre (2000) y desde entonces ha sido aplicada por muchos investigadores en diferentes países. Técnicamente está basada en la transformación Box-Cox generalizada y consiste en la aplicación de modelos

de regresión dinámica para explicar y predecir tasas de accidente. El modelo general se escribe como sigue:

$$y_t^{(\lambda_y)} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kt}^{(\lambda_x)} + u_t$$

donde a las variables del modelo se les ha aplicado la transformación Box-Cox:

$$y_t^{(\lambda_y)} = \begin{cases} \frac{y_t^{\lambda_y} - 1}{\lambda_y}, & \text{if } \lambda_y \neq 0 \\ \ln(y_t), & \text{if } \lambda_y = 0 \end{cases}$$

El término de error puede presentar heterocedasticidad y se modela como un proceso autoregresivo:

$$u_t = \left[ \exp(\delta_m \cdot z_{mt}^{(\lambda_{zm})}) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot v_t \quad u_t = \left[ \exp(\delta_m \cdot z_{mt}^{(\lambda_{zm})}) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot v_t$$

$$v_t = \sum_{i=1}^r \rho_i v_{t-1} + w_t$$

Nótese que en este análisis se está incluyendo el factor de heterocedasticidad  $z_t$ .

Aparicio et al. (2009) y Aparicio et al. (2011) son dos aplicaciones desarrolladas para explicar el número total de accidentes y de víctimas (heridos graves y muertos hasta 30 días) en la red interurbana española, en función de una serie de factores económicos y de la red viaria.

### El modelo de componentes inobservados

El marco estocástico para los componentes inobservados se basa en la metodología de espacio de los estados, donde la ecuación de observación incorpora componentes inobservados, tales como patrones de estacionalidad y tendencia (Harvey y Durbin, 1986). La estimación de parámetros está basada en el filtro de Kalman. El modelo de espacio de los estados consiste en la formulación de la ecuación de observación y de la ecuación de estado. La ecuación de observación, llamada también ecuación de medida, descompone la serie temporal observada en componentes no observados, deterministas o estocásticos.

$$y_t = \mu_t + \gamma_t + \varepsilon_t$$

donde  $\mu_t$  representa la tendencia,  $\gamma_t$  la componente estacional y  $\varepsilon_t$  el término de error. La ecuación de observación puede generalizarse para incluir variables explicativas y de intervención:

La ecuación de estado está especificada por el modelo lineal de tendencia

dado por

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \zeta_{t-1}$$

donde el componente de tendencia está representado por los parámetros de nivel ( $\mu_{t-1}$ ) y de pendiente  $\beta_{t-1}$  y  $\eta_t$  y  $\zeta_{t-1}$  son términos de error. Los errores de las tres ecuaciones se suponen gaussianos, e independientemente e idénticamente distribuidos.

En este estudio se estimaron los modelos UC añadiendo las variables explicativas y de intervención a la ecuación de observación:

$$y_t = \mu_t + \gamma_t + \sum_{j=1}^k \delta_j x_{jt} + \omega_t + \varepsilon_t$$

$$y_t = \mu_t + \gamma_t + \sum_{j=1}^k \delta_j x_{jt} + \omega_t + \varepsilon_t$$

donde  $x_{jt}$  es el valor de la j-ésima variable explicativa para el instante t, y  $\delta_j$  es su coeficiente  $\omega_t$  es la variable de intervención definida como variable ficticia :

$$\omega_t = \begin{cases} 1, & \text{if } t < \tau \\ 0, & \text{if } t \geq \tau \end{cases}$$

donde  $\tau$  indica el instante de tiempo en que se produjo la intervención.

Castillo-Manzano et al. (2010) han analizado el efecto del carnet por puntos en España para cuatro indicadores de seguridad relacionados con el número de muertos y de heridos graves hasta 24 horas a través de la metodología UC. García-Ferrer et al. (2007) aplican un enfoque similar a los accidentes e indicadores de seguridad económicos.

Para el desarrollo de los modelos econométricos se han utilizado los siguientes instrumentos y métodos:

- Métodos de desagregación para estimación mensual de variables con menor periodicidad que la requerida con MATLAB.
- Rutinas de SAS de Modelos de series temporales para estimación de valores mensuales de variables no disponibles hasta el último año a incorporar en el modelo DRAG- FURGOSEG
- Procedimientos de UCM de SAS.
- Programa TRIO para el ajuste de los modelos de accidentes y víctimas en accidentes con furgonetas.

- Diversas fuentes y bases de datos: para la conformación de la base DRAG-FURGO necesaria para el desarrollo de los modelos DRAG- FURGOSEG de accidentalidad de furgonetas-
  - o Ministerio de Fomento
    - Anuario Estadístico de Accidentes.
    - Anuario Estadístico.
    - Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera.
    - Mapas de Tráfico en formato CD.
    - Los transportes, las infraestructuras y los servicios postales – informe anual.
    - Boletín Estadístico online.
    - Información de aforo de la Dirección General de Carreteras.
    - Observatorio de Transporte de Mercancías por Carretera.
  - o Dirección General de Tráfico
    - Anuario Estadístico General.
    - Base General de accidentes para la determinación del número mensual de accidentes y víctimas en accidentes de tráfico con implicación de furgonetas
  - o Instituto de Estudios de Automoción para FURGOSEG. IEA
  - o Boletín Oficial del Estado.
  - o Instituto Nacional de Estadística
    - INEbase;
    - Boletín Mensual de Estadística;
  - o Ministerio de Industria, Energía y Turismo
    - Base BADASE
  - o Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas
    - Base BDSICE
  - o Ministerio de Empleo y Seguridad Social
    - Encuesta de Coyuntura laboral
  - o Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
    - Agencia Estatal de Meteorología-AEMET
- Se ha desarrollado un Programa en Matlab para el ajuste de modelos de Poisson con enfoque bayesiano para el análisis causal de factores de aplicación más general.

## Metodología de estimación de Costes de accidente con implicación de furgonetas

Existe una multitud de consecuencias de los accidentes de tráfico que generan costes y que, por tanto, son susceptibles de ser incluidos en un modelo de estimación como el que se presenta en este estudio. Sin embargo, de todos los posibles elementos, sólo son considerados un número reducido de ellos y que son aquellos que, o bien tienen mayor importancia o existen datos para poder ser estimados. Se van a agrupar los costes en 2 grandes grupos, de acuerdo con la metodología empleada en la acción COST 313: los costes por víctima y los costes por accidente.

### Costes por víctima

Se incluyen aquellos elementos de coste que pueden ser imputados directamente a cada una de las víctimas de los accidentes, y que por tanto pueden ser considerados como costes personales: costes médicos, costes de rehabilitación no médica, las pérdidas de capacidad productiva de fallecidos y heridos y los costes humanos.

- Costes médicos: aquellos que se derivan de la atención de los fallecidos y heridos como consecuencia del accidente. Incluyen tanto la atención por parte de los servicios de urgencias, el coste del transporte sanitario y el tratamiento ambulatorio o, en su caso, hospitalario. Para la valoración de estos costes se han empleado los precios públicos de los servicios sanitarios que publican algunas Comunidades Autónomas.
- Costes de rehabilitación no médica: se incluyen la adaptación de vivienda para minusválidos, la adaptación de vehículos, los costes de rehabilitación profesional y los de educación especial para niños.
- Pérdida de capacidad productiva: estimación de la pérdida de producción que supone, para la sociedad, el fallecimiento de un individuo o la baja laboral durante el periodo de convalecencia de un herido.
- Costes humanos: recogen todos aquellos costes derivados del sufrimiento moral de las víctimas y de sus familiares. La estimación de este tipo de elementos de coste es compleja ya que trata de valorar la vida humana, aunque desde un enfoque puramente estadístico. En la literatura se encuentran dos tipos de enfoque: el método de las indemnizaciones y el método de disposición al pago.

### Costes por accidente

Son aquellos que se pueden imputar a los accidentes, y que no están relacionados con las víctimas. De entre estos, los más importantes son los

costes por daños materiales. Éstos incluyen tanto los costes de daños a los vehículos y a las cargas transportadas como el resto de costes por daños a la propiedad. En el presente estudio se ha optado por el empleo de los datos de indemnizaciones pagadas por las compañías de seguros, a partir de datos facilitados por el Centro Zaragoza.

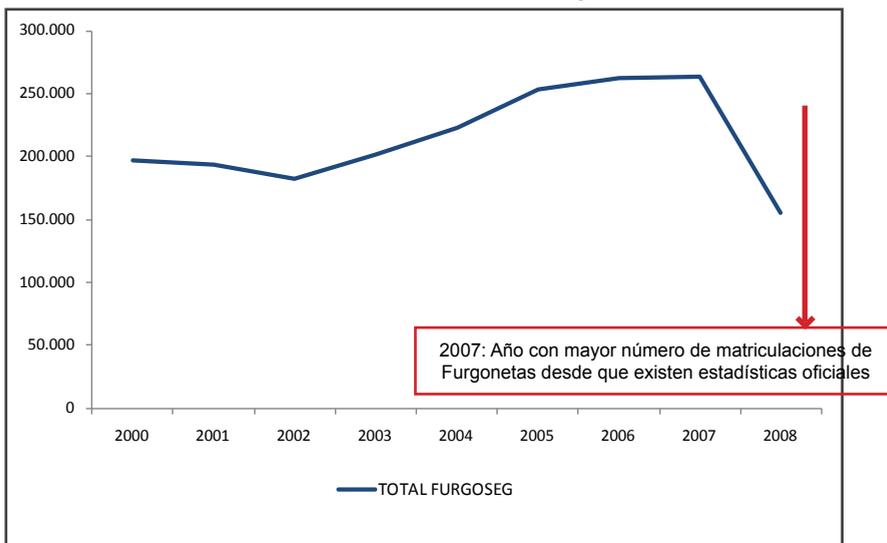
Esta fase del proyecto ha concluido con la creación de sendos modelos de costes de accidentes con víctimas totales y de accidentes con víctimas con implicación de furgonetas, relativos al año 2008, con el paquete estadístico SPSS v17.

## 6. PARQUE DE FURGONETAS: TIPOS, EDAD Y SISTEMAS DE SEGURIDAD.

Autores: Miguel Aguilar, Alejandro Oviedo, Vicente del Pozo, Nieves Domínguez.

### 6.1. PRINCIPALES RESULTADOS

#### 6.1.1.- Análisis de las matriculaciones de furgonetas

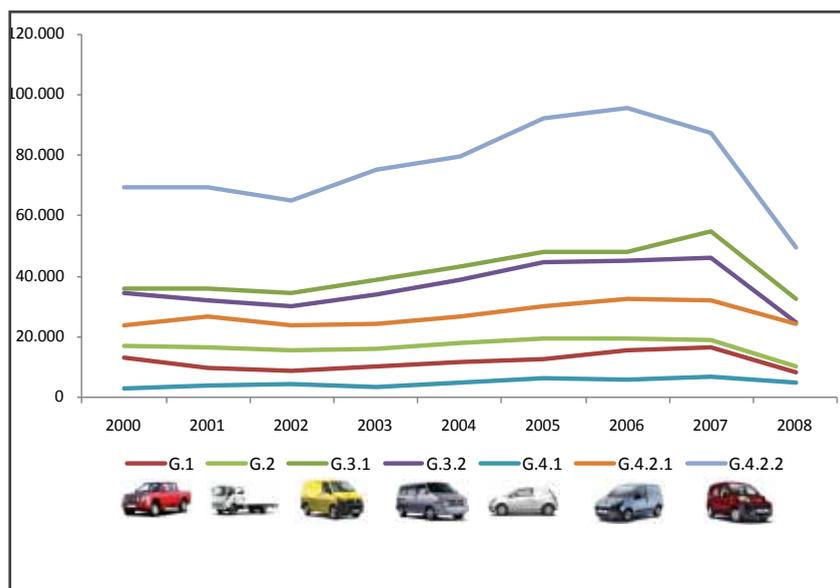


Matriculación de Furgonetas	
Año	Núm. vehículos matriculados
2000	197.056
2001	193.953
2002	181.956
2003	202.050
2004	222.736
2005	253.900
2006	262.286
2007	263.062
2008	155.292

VOLUMEN TOTAL DE MATRICULACIONES 2000-2008: **1.932.291**

Figura 16. Cifras globales 2000-2008

### 6.1.1.2.- Análisis por segmentos



Matriculación de Furgonetas por segmentos									
Segmentos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
G.1	13.281	9.790	8.896	10.346	11.696	12.556	15.657	16.534	8.105
G.2	16.836	16.459	15.388	15.905	17.814	19.505	19.532	18.871	10.500
G.3.1	36.093	35.807	34.319	38.810	43.359	48.181	47.956	54.922	32.631
G.3.2	34.666	32.022	30.030	34.209	38.748	44.693	45.081	45.992	24.995
G.4.1	2.996	3.763	4.401	3.388	4.853	6.389	6.141	6.893	5.050
G.4.2.1	23.670	26.631	23.915	24.160	26.558	30.231	32.398	32.258	24.241
G.4.2.2	69.514	69.481	65.007	75.232	79.708	92.345	95.521	87.592	49.770
<b>Total</b>	<b>197.056</b>	<b>193.953</b>	<b>181.956</b>	<b>202.050</b>	<b>222.736</b>	<b>253.900</b>	<b>262.286</b>	<b>263.062</b>	<b>155.292</b>

### 6.1.2.- Composición y análisis del parque rodante de furgonetas

#### 6.1.2.1.- Volúmenes, evolución y tendencias

▪ El parque español de furgonetas a 31.12.2008 se situaba en 3.039.745 unidades, lo que supone un incremento del 57,7% respecto del volumen de furgonetas existente en el parque circulante a 31.12.2000, que era de 1.927.825 unidades (incremento de 1.111.920 unidades). Por tanto, entre 2000 y 2008 el parque rodante de furgonetas en España ha tenido un efecto multiplicador de 1,58.

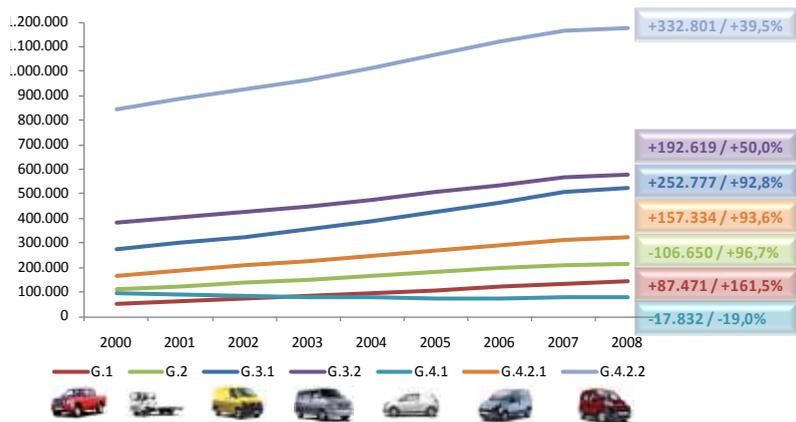


Figura 17. Evolución del Parque por segmentos

- Exceptuando los turismos-van, cuya evolución es atípica debido a su menor volumen de mercado, todos los segmentos siguen una pauta parecida en cuanto a la evolución del parque, con un crecimiento constante hasta 2007 y una importante ralentización en 2008 (inicio crisis). También se observa que el incremento en las variantes más comerciales (chasis-cabina, furgón-van, furgoneta-van) ha sido en torno al doble que en las variantes más polyvalentes (furgón mixto, furgoneta-combi), que suponen casi el 60% del parque.

SEGMENTO	PARQUE 2008	
	VOLUMEN	CUOTA

G.1 Pick-up	141.640	4,7 %
----------------	---------	-------

G.2 Camión chasis cabina	217.099	7,1 %
-----------------------------	---------	-------

G.3.1 Furgones van	525.053	17,3 %
-----------------------	---------	--------

G.3.2 Furgones combi/mixtos	577.835	19,0 %
--------------------------------	---------	--------

G.4.1 Derivados de turismo van	76.253	2,5 %
-----------------------------------	--------	-------

G.4.2.1 Derivados de turismo furgoneta van	325.486	10,7 %
---	---------	--------

G.4.2.2 Derivados de turismo furgoneta combi	1.176.379	38,7 %
---	-----------	--------

EVOLUCIÓN PARQUE 2000-2008
----------------------------



### 6.1.2.2.- Análisis global por antigüedad

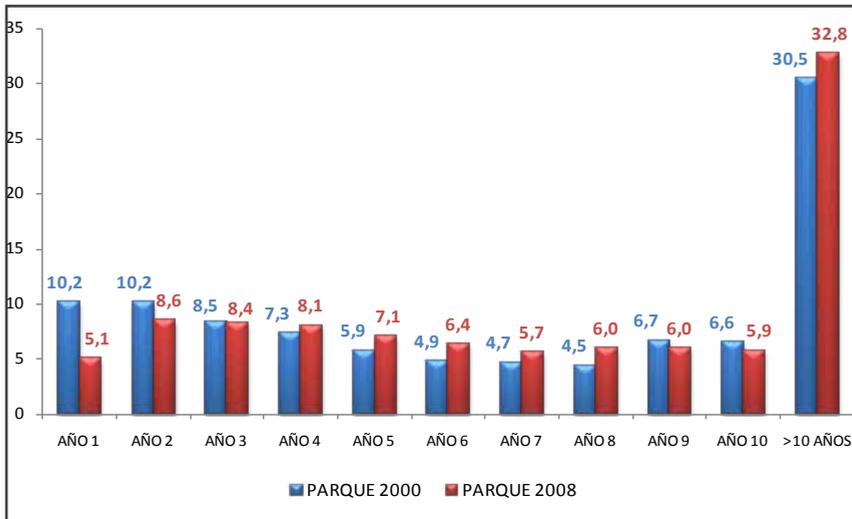


Figura 18. Variación composición Parque Furgonetas 2000-2008 por antigüedad

- El parque de furgonetas existente en 2008 ha envejecido respecto al del año 2000. En 2008 el parque mayor de 10 años representa el 32,8% del total (2,3% más que en 2000). En volumen: en 2008 había 997.000 furgonetas con más de 10 años de antigüedad, mientras que en 2000 había sólo 586.000. A ello han contribuido el descenso en la incorporación de vehículos nuevos (fuerte caída de matriculaciones en 2008) y la prolongación de la vida útil de los más antiguos.
- En el tramo de menos de 10 años de edad también se aprecia un progresivo envejecimiento del parque: disminuye la representatividad de los vehículos más jóvenes en beneficio de los de mayor antigüedad. El volumen hasta 5 años de edad representaba el 42,1% en 2000 y sólo el 37,2% en 2008. Las furgonetas entre 5 y 10 años de edad suponían un 30% del parque en 2008 (2,6% más que en 2000).

Tabla 2. Evolución 2000-2008 Parque Furgonetas según antigüedad y segmentos

SEGMENTO	<5 AÑOS		5-10 AÑOS		>10 AÑOS		
	2000	2008	2000	2008	2000	2008	
Pick-up	70%	45%	21%	36%	9%	19%	Es el segmento más joven del Parque, pero también el que más ha envejecido en el período 2000-2008
G.2 Camión chasis cabina	50%	39%	26%	34%	24%	27%	Segmento más joven que la media del parque, ligero envejecimiento entre 2000 y 2008
G.3.1 Furgones van	52%	42%	25%	32%	23%	26%	Segmento más joven que la media del parque, ligero envejecimiento entre 2000 y 2008
G.3.2 Furgones combi/mixtos	42%	34%	25%	28%	33%	38%	Segmento más antiguo que la media del parque y además ha envejecido notablemente en el período analizado
G.4.1 Derivados de turismo van	14%	37%	23%	18%	63%	45%	Es, con diferencia, el segmento más antiguo en todo el período considerado, pero al contrario que el resto de segmentos, es el único que ha rejuvenecido, y muy notablemente, debido a un incremento del 70% en las matriculaciones entre 2000 y 2008
G.4.2.1 Der. turismo furgoneta van	60%	43%	27%	35%	13%	22%	Es el segmento más joven junto con los pick-up, aunque también ha envejecido notablemente entre 2000 y 2008
G.4.2.2 Der. turismo furgoneta combi	36%	34%	30%	28%	34%	38%	Su evolución por antigüedades presenta un perfil similar al promedio del mercado, con un ligero envejecimiento entre 2000 y 2008

### 6.1.2.3.-Marcas y modelos más representativos del Parque 2008

Tabla 3. Parque Furgonetas 2008. Marcas y modelos más representativos

SEGMENTO	MARCA	MODELO	Cuota sobre su segmento
 G.1 Pick-up	MITSUBISHI	L-200	27,0 %
	NISSAN	PICKUP	23,0 %
	TOYOTA	HILUX	17,5 %
	FORD	RANGER	10,1 %
	NISSAN	NAVARA	8,0 %
			<b>86,4 %</b>
 G.2 Camión chasis cabina	NISSAN	CABSTAR	20,8 %
	IVECO	DAILY	18,6 %
	FORD	TRANSIT	12,8 %
	NISSAN	TRADE	9,6 %
	NISSAN	ATLEON	7,8 %
			<b>69,7 %</b>



G.3.1 Furgones van	FORD	TRANSIT	16,1 %
	IVECO	DAILY	7,8 %
	CITROEN	JUMPER	7,5 %
	PEUGEOT	BOXER	7,0 %
	FIAT	DUCATO	6,7 %
			<b>45,2 %</b>



G.3.2 Furgones combi/ mixtos	FORD	TRANSIT	14,5 %
	NISSAN	VANETTE	10,2 %
	MERCEDES	VITO	9,2 %
	RENAULT	TRAFIC	7,7 %
	CITROEN	JUMPY	7,2 %
			<b>48,9 %</b>



G.4.1 Derivados de turismo van	RENAULT	R4	19,4 %
	OPEL	CORSA VAN	12,7 %
	RENAULT	CLIO MARKET	11,4 %
	FIAT	SEICENTO	8,7 %
	PEUGEOT	206 COMERCIAL	7,9 %
			<b>60,1 %</b>



G.4.2.1 Derivados de turismo furgoneta van	RENAULT	KANGOO	22,5 %
	CITROEN	BERLINGO	14,8 %
	CITROEN	C15	9,9 %
	PEUGEOT	PARTNER	8,6 %
	OPEL	COMBO	7,7 %
			<b>63,6 %</b>



G.4.2.2 Derivados de turismo furgoneta combi	CITROEN	BERLINGO	19,0 %
	CITROEN	C15	18,3 %
	RENAULT	KANGOO	15,1 %
	RENAULT	EXPRESS	12,7 %
	PEUGEOT	PARTNER	12,0 %
			<b>77,1 %</b>

### 6.1.3.- Análisis de la presencia de equipamientos de seguridad en el parque de furgonetas

#### 6.1.3.1.- Equipamientos con elevada presencia en el Parque

- Sistemas con bajo coste de instalación, poca dificultad técnica de implementación, probada eficacia y clara percepción de su utilidad por parte del público. Alta proporción de presencia de serie.
  - **Tercera luz de freno.**
  - **Airbag frontal del conductor.**
  - **Pretensores en cinturones de seguridad en plazas delanteras.**

Tabla 4. Equipamientos con elevada presencia en el Parque

		Disponibilidad de serie	Disponibilidad total (serie+opcional)
<b>Parque joven 2008</b> (antigüedad hasta 9 años)	3ª luz de freno	70,0 %	78,5 %
	Airbag frontal	72,0 %	91,3 %
	Pretensores	85,2 %	91,4 %
<b>Parque completo 2008</b> (todas las antigüedades)	3ª luz de freno	42,8 %	48,0 %
	Airbag frontal	44,1 %	55,9 %
	Pretensores	52,1 %	55,9 %

- Equipamiento con mayor presencia de serie: pretensores en cinturones delanteros (en el 65% de furgonetas matriculadas el año 2000 y 96% en 2008). 3ª luz de freno (46% de serie en 2000 hasta 82% en 2008) y airbag del conductor (46% en 2000 hasta 92% en 2008) mantienen una progresión similar.
- **Caso especial: Dirección asistida.** Es un sistema que empezaron a adoptar los vehículos comerciales antes que los turismos desde mediados del siglo pasado, por su mayor peso y más difícil maniobrabilidad. Por tanto, está incorporado de serie en todos los tipos de furgonetas durante todo el período de estudio.

6.1.3.2.- Equipamientos con presencia media en el Parque

- Sistemas costosos o técnicamente complejos, aunque de eficacia bien probada, o bien sistemas simples o de bajo coste pero escasa percepción de utilidad. Normalmente se ofrecen como opcionales, con presencia media en el parque.
  - **Frenos ABS.**
  - **Airbag frontal del pasajero delantero.**

Tabla 5. Equipamientos con presencia media en el Parque

		Disponibilidad de serie	Disponibilidad total (serie+opcional)
<b>Parque joven 2008</b>	Frenos ABS	24,0 %	82,5 %
	Airbag pasajero	22,4 %	81,3 %
<b>Parque completo 2008</b>	Frenos ABS	14,7 %	50,5 %
	Airbag pasajero	13,7 %	49,8 %



<b>Parque completo 2008</b>	Control tracción	5,3 %	13,2 %
	ESP	3,2 %	10,6 %
	Control velocidad	1,6 %	16,8 %
	Airbags laterales	0,6 %	21,4 %
	Airbags cabeza	0,0 %	2,2 %

- Incorporación al mercado muy lenta, debido a su bajo nivel de oferta de serie, que en el mejor caso (control de tracción) ni siquiera alcanzaba el 20% de vehículos matriculados en 2008. Algunos sistemas han presentado oferta de serie nula en todo el período, para ningún segmento ni gama de furgonetas.
- Algunos sistemas presentan oferta más o menos relevante como opcionales. Sumando serie y opción, algunos podrían alcanzar en torno al 50-60% en los últimos años (control de velocidad y airbags laterales delanteros). Pero la gran mayoría de ellos, incluso considerando serie+opción, han mantenido un nivel muy bajo de incorporación en las furgonetas, al menos hasta 2008.

**Otros equipamientos:**

- **Faros de xenón:** Aunque ya tienen cierta relevancia en los turismos, no están disponibles para ninguna versión de furgoneta en ningún segmento.
- **Asientos infantiles integrados:** Sólo sería aplicable en vehículos que pueden destinarse a uso particular además del profesional (versiones combi de furgones y furgonetas). Pero incluso en estos casos su presencia es completamente nula.
- **Airbags laterales y de cabeza traseros:** Presencia de serie nula para cualquier tipo de furgoneta, sólo se ofertan como opcional en una pequeña proporción de vehículos.

**6.1.4.-Principales resultados por segmentos**

<b>GRUPO 1: VEHÍCULOS PICK-UP</b>		
<p>Pretensores en cinturones delanteros, airbags frontales de conductor y acompañante, frenos ABS: presencia de serie casi generalizada. Resto de equipamientos: baja disponibilidad incluso en matriculaciones 2008.</p>		

**GRUPO 2: CAMIÓN CHASIS-  
CABINA O AUTOBASTIDOR  
ENTRE 2.000 Y 3.500 kg.**



Ritmo de introducción de equipamientos muy por debajo de la media del mercado. Ningún sistema presenta nivel elevado de implantación. Es uno de los segmentos menos equipados con sistemas de seguridad, al tratarse de productos normalmente básicos y alejados de su uso como vehículo particular.

**GRUPO 3: FURGÓN VAN y COMBI/MIXTO entre 2.000 y 3.500 kg**



Pretensores de cinturones delanteros, airbag del conductor, 3ª luz de freno y ABS: incorporación de serie muy superior a otros segmentos. El resto de sistemas de seguridad presentan poca oferta de serie, pero sí una importante disponibilidad opcional. En general este segmento cuenta con vehículos más equipados que otros tipos de furgonetas, posiblemente por la mayor presencia de marcas *premium*.

**GRUPO 4.1: TURISMO VAN**



Pretensores de cinturones delanteros, 3ª luz de freno, airbag del conductor: disponibilidad de serie casi total. Lento ritmo de incorporación de otros sistemas, muy por debajo de la media (p.ej. control de tracción no disponible ni opcional). Pese a su similitud con los turismos, es uno de los segmentos menos equipados.

**GRUPO 4.2.1: DERIVADO DE TURISMO FURGONETA VAN**



Pretensores de cinturones delanteros, airbag del conductor y 3ª luz de freno: de serie 100% desde 2008. ABS y airbag acompañante: escasa disponibilidad de serie pero abundante oferta opcional. Resto de equipamientos por debajo de la media del parque, algunos ni siquiera como opcional. Pese a ser derivados de turismos, la introducción de sistemas de seguridad es inferior que en el mercado total analizado.

**GRUPO 4.2.2: DERIVADO DE TURISMO FURGONETA COMBI**



Pretensores de cinturones delanteros, airbag frontal del conductor y 3ª luz de freno: disponibilidad serie+opción cercana al 100% desde 2003. Presencia del resto de sistemas igual o superior al mercado total y algunos con importante oferta opcional. Es uno de los segmentos mejor equipados, por su doble uso profesional/particular.

### 6.1.5.- Breve comparativa entre Furgonetas y Turismos

- La presencia de equipamientos de seguridad es mucho más elevada en turismos que en furgonetas, tanto en sistemas de seguridad activa como pasiva.
- Algunos sistemas plenamente implantados de serie en la totalidad del mercado de turismos, en cualquiera de sus gamas, aún tienen presencia muy reducida en las furgonetas: frenos ABS, airbag de acompañante, airbags laterales, etc.
- Otros equipamientos de serie para una proporción muy significativa de los turismos (airbags de cabeza) aparecen en un porcentaje insignificante de furgonetas, inferior al 1% de serie y sólo en algún caso como sistema en opción.
- Ciertos sistemas de seguridad activa (control de tracción, ESP) presentan muy escasa oferta de serie en furgonetas (7-15%), incluso elevadas tasas de no disponibilidad, a pesar de que son especialmente aconsejables para la conducción de furgonetas porque aportan un importante nivel de seguridad al transportar cargas pesadas: control en curvas, cambios bruscos de dirección.
- Los equipamientos de serie en el 100% de turismos matriculados en 2008, ya lo estaban también en 2004-2005, incluso antes. Es decir, el ritmo de difusión de sistemas de seguridad en furgonetas es mucho más lento que en turismos.

## 6.2. CONCLUSIONES

- La introducción de novedades tecnológicas en el automóvil, ya sean equipamientos de seguridad o de otra índole, puede explicarse a partir de dos vectores de difusión, que conforman la percepción real que tienen los usuarios sobre dicho equipamiento y determinan su ritmo de implantación en el mercado:
  - El conocimiento sobre la utilidad y eficacia de sus funcionalidades.
  - La correspondencia de dicha utilidad con el precio a pagar.
- En el mercado de turismos, normalmente destinados al uso particular y donde el comprador suele coincidir con el usuario final del vehículo, la utilidad de un equipamiento se percibe como una prestación directa para quien toma la decisión de compra, influyendo en gran medida sobre dicha decisión. Así:
  - Equipamientos baratos con utilidad fácilmente entendible (3ª luz de freno): generalizan su presencia en el mercado en corto plazo (3-4 años).
  - Equipamientos caros pero con utilidad fácilmente entendible (airbags): ritmo de difusión determinado por la relación coste-eficacia que los consumidores asignen a dicho sistema, pudiendo tardar 7-8 años en extender su presencia.

- La difusión de sistemas más complejos dependen del grado de información que se traslade a la sociedad y no se generalizan de serie hasta que se valore claramente su utilidad (el ABS tardó 10 años en generalizar su presencia en turismos; el ESP, 7 años en llegar sólo a la mitad del parque).
- En el mercado de vehículos comerciales, donde generalmente el vehículo es una inversión ligada a un negocio y no un bien de consumo propio, la relación precio-utilidad de un equipamiento parece presentar un desequilibrio en favor del ahorro de costes, dando más peso al precio en la decisión de compra. Este hecho podría explicar, en gran parte, el lento ritmo de difusión que presentan los equipamientos de seguridad en las furgonetas frente a los turismos.
- Por último, en relación con los distintos segmentos del mercado, podría concluirse que las furgonetas que presentan mayores tasas de incorporación de sistemas de seguridad son aquellas en las que está más extendido su uso compartido profesional/particular (variantes combi de furgones y furgonetas), y por tanto es más habitual que viajen otros pasajeros fuera del ámbito estrictamente profesional.

En el extremo opuesto, los camiones chasis-cabina o autobastidores destacan como los menos equipados, probablemente por ser el segmento más alejado del uso como vehículo particular. Normalmente se trata de vehículos muy básicos y de bajo coste, que eluden la incorporación de elementos o dispositivos que encarezcan el vehículo, y en los que parece otorgarse mayor importancia al coste que a la presencia de sistemas de seguridad.

### 6.3. REFERENCIAS

- Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos
- Manual de procedimiento de inspección de las estaciones ITV (Revisión 6ª, enero 2009), del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
- Catálogo de tipos de vehículos, disponible en la página web de la Dirección General de Tráfico
- Diccionario enciclopédico del Automóvil -Colección Nueva Biblioteca -Coche Actual (Motorpress-Ibérica)
- Revista “Tráfico y Seguridad Vial” editada por la Dirección General de Tráfico
  - Nº 200, 201, 202 Año 2009
  - Nº 203, 204, 205 Año 2010

- Revista Técnica de Centro Zaragoza
  - Nº 4, Año II, Abril-Junio 2000
  - Nº 10, Octubre-Diciembre 2001
  - Nº 35 Enero-Marzo 2008
  - Nº 40 Abril-Junio 2009
  
- Informe BASMA-1 (“Barómetro de Seguridad Vehicular 2006”) de FITSA
- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.
  
- Artículos técnicos en diferentes páginas web:
 

<a href="http://www.centro-zaragoza.com">www.centro-zaragoza.com</a>	<a href="http://www.km77.com">www.km77.com</a>
<a href="http://www.dgt.es">www.dgt.es</a>	<a href="http://www.infodesguaces.com">www.infodesguaces.com</a>
<a href="http://www.cochenet.com">www.cochenet.com</a>	<a href="http://www.actualidadmotor.com">www.actualidadmotor.com</a>
<a href="http://www.mecanicavirtual.org">www.mecanicavirtual.org</a>	<a href="http://www.autocity.com">www.autocity.com</a>
<a href="http://www.seguridad-vial.net">www.seguridad-vial.net</a>	<a href="http://www.cea-online.es">www.cea-online.es</a>

## 7. CONDUCTORES.

Autores: Blanca Arenas Ramírez

### 7.1. PRINCIPALES RESULTADOS

Como ha sido descrito en el capítulo 5, se ha realizado una encuesta entre 3693 conductores de furgonetas, diseñada mediante la aplicación de técnicas de muestreo y de remuestreo, para el tratamiento de los datos, con el objetivo de responder a las hipótesis de trabajo establecidas al comienzo del presente proyecto, y referidas al conductor. Este análisis se ha complementado con análisis de las bases de accidentes con técnicas de minería de datos y de informes técnicos de accidentes mortales, así como con ensayos dinámicos realizados para establecer las diferencias de comportamiento de estos vehículos en relación a otros similares. En donde ha sido posible se han obtenido resultados del tratamiento de 300 inspecciones en carretera realizadas entre furgonetas por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil de la Dirección General de Tráfico.

**HC1: Los conductores de furgonetas no reciben una formación específica para este tipo de vehículos con lo que pueden no ser conscientes del diferente comportamiento dinámico de los mismos y las medidas a adoptar en la conducción.**

A la pregunta de la encuesta relacionada directamente con el contenido de esta hipótesis, solo el 8,84% responden a la opción SI. Las proporciones de respuestas varían según el tipo de vehículo, siendo los porcentajes de los conductores que NO reciben formación específica los siguientes: G1: 92,17 %, G2: 83,88 %, G3. 90,91 %, G4. 94,28 %.

Entre los que declaran haber recibido formación específica (8,84 % de los encuestados), a la pregunta relacionada con el número de horas de formación recibidas, las respuestas, en valores medios son: 0,36h en el año 2009 y 2,34h con anterioridad.

Los conductores fueron consultados respecto a si “piensa que es aconsejable la formación específicas para conductores” de estos vehículos y las respuestas fueron: 37,45% SI y 62,55% NO. Según el tipo de vehículo que conducen los encuestados, las respuestas afirmativas fueron: G1: 40,96 %, G2: 63,93 %, G3. 41,40 %, G4. 26,62 %.

Como puede observarse, los porcentajes de conductores de los cuatro

grupos de vehículos que consideran aconsejable una formación específica para conducirlos son relativamente elevados, destacando los conductores de los vehículos del Grupo 2 (camiones), resultando inferior el porcentaje de conductores del G4 (derivados de turismo) y ofreciendo valores intermedios los conductores de los otros dos grupos.

En relación con el permiso de conducir de los conductores encuestados, la mayor parte de ellos únicamente disponen del permiso de conducir B y, por tanto, su formación y requerimientos son los mismos que para conducir turismos. Los porcentajes de los que solo disponen de permiso B varían entre los conductores de los diferentes tipos de vehículos. Estos son G1: 63,83 %, G2: 52,34 %, G3. 76,15 %, G4. 67,82 %.

Por otra parte, como ha sido indicado en el análisis de hipótesis anteriores, un porcentaje elevado (44%) de conductores de los cuatro grupos de vehículos consideran que éstos deben conducirse de manera diferente a los turismos (pregunta 26). Estos porcentajes, por grupos son G1: 36,75 %, G2: 72,33 %, G3. 48,74 %, G4. 27,32 %.

De la misma forma, la pregunta 28, respecto a si “este tipo de vehículo cargado debe conducirse en carretera de forma diferente a cuando circula sin carga”, los porcentajes de respuestas afirmativas, por grupos de vehículos son G1: 71,08 %, G2: 79,52 %, G3. 77,25 %, G4. 67,96 %.

**HC2: Una cierta proporción adicional de los conductores realiza tareas de carga y descarga, por lo que los niveles de cansancio durante la jornada de trabajo pueden ser superiores a los de los conductores normales.**

El 95,21% de los conductores realiza operaciones de carga y descarga. Por grupos de vehículos los porcentajes de respuestas afirmativas son: G1: 94,58 %, G2: 91,29 %, G3. 96,26 %, G4. 95,47 %.

El análisis de los datos de las inspecciones en carretera verifican estos resultados. Las respuestas por tipo de vehículo de las inspecciones en carretera, aparentemente son los conductores de los vehículos con mayor capacidad de carga (G2: Camión Chasis Cabina o Auto-bastidor de Vehículos Comerciales de MMA  $\leq$  3.500 kg., y en general  $>$  2.000 kg, (G3 y G4), los más expuestos a la realización de operaciones de carga / descarga (el 83%) seguidos de los conductores del tipo de vehículo G4: Turismos Van que la realizarán en el 61% de los casos.

Un total de 2843 conductores (76,98 % de las respuestas) piensa que la realización de las operaciones de carga y descarga por parte del conductor puede afectar a las condiciones de seguridad de la conducción. Por tipo de vehículo, los porcentajes de respuestas afirmativas son: G1: 70,48 %, G2: 88,02 %, G3. 79,27 %, G4. 72,77 %.

Un 50,69% de conductores indica que realiza 1 reparto por día, mientras que el 9,53% realizaría entre 11 y 20 y un 11,43% realizaría más de 20, siendo este último porcentaje del 20,76% en el caso de conductores de camión (G2) y del 19,33 % en el de furgones (G3) y superior en el caso de conductores profesionales autónomos (19,14 %) y de empresas (10,43%).

A la pregunta relativa al número de cargas en el día anterior a la encuesta, el 50,93 % de los conductores declara haber realizado una; y el 11,32% más de una. Los furgones realizan, aparentemente un mayor número de cargas al día (14,27%, cuatro más) seguidos de los derivados de turismo (13,53%).

Los tipos de carga que transportan y cuya descarga tienen prevista realizar, también podrían contribuir a incrementar el cansancio del conductor por el porte y peso. Sin embargo los productos más pesados, en término medio, son prensa, muebles y productos químicos y son transportes con escasa representación en la muestra.

Si se considera la distancia que recorren los vehículos cuyos conductores van a realizar carga / descarga, como un elemento más que puede contribuir a incrementar el cansancio del conductor, el análisis indica que además los conductores de camiones y furgones (G2 y G3) realizan operaciones de carga/descarga con mayor frecuencia, son también los que recorren mayores distancias.

**HC3: En parte de los usos de estos vehículos (reparto en ciudades o trayectos de distancias medias o altas) los conductores pueden estar sometidos a una presión elevada para completar el trabajo encomendado o hacerlo en tiempos más reducidos de lo que aconseja una conducción segura: tiempos insuficientes de descanso, velocidad excesiva, etc.**

Los datos relativos al número de repartos, obtenidos de la encuesta de movilidad, permiten concluir que se planifican las rutas principalmente las provinciales: se indica mayor número de repartos en este tipo de. Para más de 20 repartos, el ámbito predominante es el local.

Algo similar se observa atendiendo al número de cargas/día: cuando se trata de más de 4 cargas/día, la proporción de rutas en ámbito provincial es máxima. La proporción de desplazamientos en ámbito nacional es bastante uniforme cuando se trata de números de cargas bajos (hasta 3).

Los desplazamientos son cortos en más de la mitad de los casos locales (el 52,2%) recorren menos de 50 km/ jornada. En el ámbito nacional el 43,84% recorren más de 200 km/jornada

Entre los encuestados, hay una gran proporción que realiza desplazamientos laborales en el tramo horario diurno de 8 a 16 hs. La jornada tiende a ser más extensa en los desplazamientos nacionales.

Más del 90% de las respuestas clasificadas por ámbito de desplazamiento indican que los conductores realizan operaciones de carga y descarga

Más del 75% de las respuestas clasificadas por ámbito de desplazamiento opinan que las operaciones de carga y descarga sí afectan a la conducción.

De los datos surge que son los conductores de furgones los más expuestos a presión, porque aparecen casi como casos únicos en intervalos de distancia mayores de 500 km, con un gran número de repartos y que declaran conducir más de 3 y hasta más de 5 horas sin parar.

**HC4: Una parte significativa de los conductores de estos vehículos pueden haber obtenido a su permiso de conducir en países en los cuales las exigencias de formación y prácticas de conducción son inferiores a los niveles españoles.**

La gran mayoría de los encuestados tienen nacionalidad española (93,77%), el 1,81 % tiene nacionalidad de otros países de la Unión Europea y el 4,2% de otros países. Entre los conductores con nacionalidad de países no europeos destaca: Ecuador (47 conductores) y Marruecos (25 conductores). Los siguientes países por número de conductores de la muestra son: Perú (10), y Argentina y China con 9.

La antigüedad media de los permisos de conducción de los conductores es de 20,44 años y el número medio de años de conducción de este tipo de vehículos es de 12,62. Ambos datos muestran que la mayoría cuenta con una amplia experiencia de conducción.

Los permisos más antiguos son fundamentalmente de españoles; es a partir de la década de los 80 en la que se aprecia una incorporación notable de conductores de otras procedencias. Las nacionalidades que mayor antigüedad de permiso acreditan son los de procedencia europea y latinoamericana. Entre los que tienen permisos con menor antigüedad se repite el patrón de los que acreditan mayor antigüedad del permiso: en primer lugar son españoles, seguidos de europeos y latinoamericanos.

El 96,34 % de los encuestados (3.558) declara haber obtenido el permiso de conducir en España.

Entre los encuestados no europeos, el 54,19% han obtenido su permiso de conducción en España el 32,9% en Latinoamérica, el 9,68% en el Magreb, el 2,58% en Europa y el 0,65% en Oriente Próximo.

Hay mayor presencia de conductores con nacionalidad europea realizando transporte público que privado: 1,36 encuestados con permiso europeo

realizando transporte público, por cada encuestado con permiso europeo realizando transporte privado.

Entre los encuestados con permiso latinoamericano hay 1,7 realizando transporte público, por cada encuestado con el mismo permiso realizando transporte privado.

Con los permisos expedidos en el Magreb ocurre lo contrario, hay 2,85 encuestados realizando transporte privado, por cada encuestado con el mismo permiso realizando transporte público.

Entre los que han sufrido 1 colisión hay un 6,82% de conductores de nacionalidad extranjera y representan el 3,85% entre los que tienen varias colisiones. De las respuestas a las preguntas P.20 y P.22 el 18,68% de los integrantes de la muestra, es decir, 690 conductores, declara haber sufrido alguna colisión; un 9,86 declara haber tenido una en el último año y un 7,96 dos.

Entre los encuestados destacan los permisos de conducción latinoamericanos y africanos que indican realizar jornadas de conducción diaria ininterrumpida sin períodos de descanso recomendados tras varias horas de conducción.

Los datos indican que se conducen menos de 20.000 km al año con este tipo de vehículos. Los españoles encuestados lo declaran en el 52,82% de los casos, los europeos en el 53,73% y los no europeos en el 56,77%.

En todas las nacionalidades hay mayor presencia de conductores en el grupo de edad de 31 a 45 años, el 61,94% de conductores no europeos son de ese rango de edad, entre los europeos es el 50,75% y finalmente entre los españoles es el 47,18%.

En general la formación recibida es escasa y poco valorada, principalmente entre conductores de nacionalidad española, y mayores de 40 años. Aparentemente existe una mayor disposición a la formación por parte de los conductores extranjeros y más jóvenes.

## 7.2. CONCLUSIONES.

**En relación con la HC1**, la formación específica recibida por los conductores es muy reducida en términos generales, incluso de los que difieren más de un turismo, como son los camiones y furgones.

Por el contrario, un considerable porcentaje de conductores indica que sí es necesaria dicha formación y este número se eleva al 63,83% en el caso de camiones y un 41,4% en furgones.

La mayoría de los conductores s únicamente disponen del permiso de conducir B y, por tanto, su formación y requerimientos son los mismos que para conducir turismos.

Igualmente, un número elevado de los conductores piensan que este tipo de vehículo se debe conducir de forma diferente a un turismo, porcentaje que se eleva a un 72,33% en el caso de camiones y un 48,74 en el de furgones. Cuando la pregunta se asocia con carga, el 73% opina que el vehículo cargado se conduce de forma diferente a un turismo y cambian su estilo de conducción ya sea reduciendo la velocidad o aumentando la distancia de seguridad. Es de destacar, que un número significativo de conductores (el 27%) no cambian su forma de conducir.

**En relación con la HC2**, se concluye que un elevado número de conductores de furgonetas (más del 90%) realizan operaciones de carga y descarga. En el caso de furgones se acerca al 100%. La mayoría de ellos considera que la realización de las tareas de carga y descarga puede afectar a la seguridad de la conducción y se destaca la opinión de que esta circunstancia es negativa para la seguridad de los conductores de camiones y furgones, por encima de la opinión de conductores de los otros dos grupos, lo cual se relaciona con la mayor capacidad de carga de aquellos vehículos.

El porcentaje de conductores que declara realizar un elevado número de cargas y descargas en el día es minoritario aunque considerable si puede tener un efecto negativo en la seguridad.

El análisis indica que los conductores de camiones y furgones (G2 y G3) que realizan más operaciones de carga/descarga, en comparación con los de otros tipos, son, también, los que recorren mayores distancias

**En relación con la HC3**, por las declaraciones recogidas y su tratamiento en estrecha relación con el análisis efectuado en el contexto de la hipótesis HC2, podría concluirse que son los conductores de furgones los más expuestos a presión ya que aparecen casi como casos únicos en intervalos de distancia mayores de 500 km, con un gran número de repartos y que declaran conducir más de 3 y hasta más de 5 horas sin parar.

**En relación con la HC4**, se concluye que la gran mayoría de los conductores de furgonetas ha obtenido su permiso de conducir en España y tiene nacionalidad española.

Un porcentaje muy elevado de los conductores cuenta con una amplia experiencia de conducción.

La participación de los conductores extranjeros de furgonetas en los accidentes con víctimas en España es baja, aunque ha experimentado un incremento en los últimos años.

Los conductores extranjeros de países del Magreb y “otros países” (esto es, ni españoles ni europeos occidentales y ni estadounidenses) implicados en accidentes poseen antigüedades del permiso de conducción inferiores, y proporcionalmente cometen más presuntas infracciones, especialmente administrativas.

### **7.3. REFERENCIAS**

- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

## 8. MOVILIDAD Y EXPLOTACIÓN DE FURGONETAS.

Autores: Blanca Arenas Ramírez, José Manuel Mira McWilliams

### 8.1. PRINCIPALES RESULTADOS

En este capítulo se exponen los principales resultados del tratamiento de los datos de la Encuesta de movilidad y usos de las furgonetas, realizada en el año 2009, entre 3693 conductores de este tipo de vehículos

#### 8.1.1. Movilidad de furgonetas

En relación con la movilidad de furgonetas se ha obtenido una estimación del número medio anual de Km. recorridos por este tipo de vehículos, así como el recorrido por cada uno de los grupos de furgonetas definido por este proyecto. La estimación puntual y de los intervalos de confianza se ha realizado con técnicas de bootstrap a partir de la información obtenida del kilometraje y año de matriculación del vehículo mediante la encuesta realizada a 3693 conductores de vehículos tipo N1: vehículos ligeros de transporte de mercancías cuya masa máxima es menor de 3,5 toneladas según el reglamento general de vehículos (RGV), clasificados en 4 grupos: G1 (pick-up), G2 (Camión), G3 (Furgón- furgoneta) y G4 (Derivado de turismo).

La estimación de la distancia media anual recorrida por un vehículo del tipo furgoneta y por cada uno de los tipos definidos en el proyecto FURGOSEG, así como los intervalos de confianza y el tamaño de la muestra analizada en cada caso, se resumen en la Tabla 7 y Tabla 8. La estimación de la incertidumbre de la medida de distancia media recorrida a través de los intervalos de confianza, se ha realizado con técnicas de remuestro o bootstrap.

En ella se muestran, además, los resultados totales (integrado nacional) correspondiente al tipo furgoneta en el territorio nacional y desagregados por región del muestreo, con el mismo nivel de desagregación de tipo de furgoneta.

Tabla 7. Resultados para el estimador vehículo-km. Encuestas FURGOSEG (2009). Integrado nacional y regional (8) por grupos y global

RESULTADOS Encuesta FURGOSEG (2009)					
	Tipo	Nº registros	Percentil media 2,5	Media	Percentil media 97,5
Nacional	G1	166	19832	<b>21750</b>	24025
	G2	459	29521	<b>31703</b>	34054
	G3	1389	30625	<b>32016</b>	33421
	G4	1679	21684	<b>22436</b>	23288
	Global	3693	26384	<b>27160</b>	27925
Región 1	G1	20	14840	<b>19070</b>	23739
	G2	20	20201	<b>29849</b>	41174
	G3	196	29015	<b>32849</b>	37020
	G4	306	22423	<b>24580</b>	27289
	Global	542	25673	<b>27561</b>	29493
Región 2	G1	22	16912	<b>19359</b>	22114
	G2	72	31909	<b>37078</b>	42541
	G3	158	32402	<b>35680</b>	38919
	G4	176	21777	<b>23757</b>	25592
	Global	428	28173	<b>30173</b>	31978
Región 3	G1	42	22799	<b>28081</b>	34028
	G2	142	28924	<b>33039</b>	37633
	G3	305	28453	<b>30514</b>	33002
	G4	282	23825	<b>25424</b>	27281
	Global	771	27633	<b>28985</b>	30353
Región 4	G1	18	14268	<b>17629</b>	21336
	G2	64	21718	<b>25194</b>	29154
	G3	147	17722	<b>19124</b>	20813
	G4	322	15641	<b>16689</b>	17827
	Global	551	17427	<b>18357</b>	19226
Región 5	G1	33	18014	<b>21702</b>	25970
	G2	82	24421	<b>27760</b>	30927
	G3	300	19989	<b>31417</b>	23044
	G4	248	20214	<b>22215</b>	24872
	Global	663	21418	<b>22514</b>	23748

Región 6	G1	5	15185	<b>41689</b>	69578
	G2	30	29373	<b>42318</b>	64145
	G3	174	53616	<b>59544</b>	66735
	G4	79	22982	<b>27261</b>	32596
	Global	288	43939	<b>48619</b>	52735
Región 7	G1	24	10361	<b>14654</b>	19497
	G2	46	24374	<b>29356</b>	35025
	G3	95	24303	<b>30674</b>	38679
	G4	180	19606	<b>22297</b>	25131
	Global	345	22704	<b>25013</b>	28316
Región 8	G1	2	8367	<b>15110</b>	21854
	G2	4	18806	<b>31151</b>	49679
	G3	14	26286	<b>41216</b>	57522
	G4	86	16692	<b>20324</b>	24317
	Global	106	19596	<b>23393</b>	27156

Región 1: Andalucía. Región 2: Castilla León, Castilla-La Mancha y Extremadura. Región 3: Madrid. Región 4: Valencia y Murcia. Región 5: Cataluña. Región 6: Galicia y Asturias. Región 7: Cantabria, País Vasco, Navarra y La Rioja. Región 8: Aragón.

Los resultados que se muestran permiten hacer inferencia en dos aspectos: la estimación puntual y la de los intervalos de confianza, que cuantifican la incertidumbre de la estimación.

En la comparación de las medias de los 4 tipos a nivel nacional: se observa solapamiento entre los intervalos correspondientes a G1 y G4 por un lado y G2 y G3 por otro, con mayor anchura (incertidumbre) para G1 y G2. Como es esperable, recorren, de media anual, más kilómetros los furgones y camiones rígidos, que los derivados de turismos y pick-ups, por ese orden (del orden del 50% más los primeros respecto a los segundos). Los datos anteriores indican que los furgones y camiones están sometidos a un uso más intensivo de los derivados de turismo y pick-up y probablemente con mayor porcentaje de recorridos interurbanos.

Las movilidades, medias y según tipo de vehículo, presentan diferencias de unas regiones de estudio a otras, como se puede observar en los datos de la Tabla 7 Tabla 8. Las principales diferencias con los valores medios del conjunto de la muestra nacional son:

Región 2. Castilla León, Castilla-La Mancha y Extremadura: mayor movilidad de furgones y camiones.

Región 3: Madrid: Mayor movilidad total y de los vehículos derivados de turismo y pick-up.

Región 4: Valencia y Murcia: Menor movilidad total e inferior en el caso de todos los grupos de vehículos, aunque destacando los furgones.

Región 5: Cataluña: Menor movilidad total y de camiones

Región 6: Galicia y Asturias. Esta región ofrece la movilidad total más alta en comparación con las restantes y con la media nacional, destacando las movilidades de los camiones y furgones. La extensión de esta región no justifica las diferencias, por lo que podría deberse a una mayor movilidad en recorridos inter regionales.

Región 7: Cantabria, País Vasco, Navarra y La Rioja. Esta región ofrece menor movilidad total y de cada uno de los grupos de vehículos.

Región 8: Aragón; La movilidad total es inferior a la media nacional aunque la de furgones es superior y la de camiones análoga.

Para la estimación de la movilidad a nivel nacional, se parte del recorrido medio anual de un vehículo tipo furgoneta (o sea del conjunto de vehículos del tipo “furgoneta” identificado como Global) así como correspondiente de cada grupo o tipos definidos (G1-G2-G3-G4) en el proyecto FURGOSEG. Los datos del parque de furgonetas (y el de cada tipo) son los obtenidos por el IEA para este proyecto. Tabla 8.

Tabla 8. Movilidad (en vehículo-km) de furgonetas. Año 2009, Fuente: FURGOSEG. IEA

<b>INTEGRADO NACIONAL</b>	
<b>GRUPO 1</b>	
P. estimado	141640
Veh-km (en millones)	3.081
<b>GRUPO 2</b>	
P. estimado	217099
Veh-km (en millones)	6.883
<b>GRUPO 3</b>	
P. estimado	1102888
Veh-km (en millones)	35.310
<b>GRUPO 4</b>	
P. estimado	1578118
Veh-km (en millones)	35.407
<b>INTEGRADO GLOBAL</b>	
P. estimado	3039745
Veh-km (en millones)	82.559

De acuerdo con esta estimación, la movilidad total de las furgonetas, en el año 2009, fue de 82.559 millones de veh-km. Para validar estas estimaciones,

no existen datos específicos. Sin embargo, con el objeto de detectar si existen posibles desviaciones que invalidasen los anteriores resultados, se han recogido y comparado datos afines de otras fuentes.

En el Anuario de 2009 del Ministerio de Fomento se indica una serie de datos de la movilidad para un tipo de vehículo denominado “camioneta” sin que exista en el mismo, una definición explícita de tal categoría de vehículo. Tampoco existe la definición para este tipo en el Reglamento General de Vehículos. Si se atiende a la definición de camioneta de la RAE, es un *vehículo automóvil menor que el camión y que sirve para transporte de toda clase de mercancías*. Según la definición es un tipo de vehículo enmarcado en tipo N1, que puede considerarse afín o muy próximo a las furgonetas objeto del estudio.

El valor de la movilidad para camionetas del Ministerio de Fomento es de 10.381 millones de veh-Km. en el año 2009 y la misma está referida a la Red de Carreteras del Estado. Teniendo en cuenta que los kilómetros de vías de la red a cargo del Estado son 25.633 para el año 2009, frente a un total de 165.466 Km. del trazado completo, el valor de 10.381 millones de veh-Km. aportado por el Anuario se indica sobre un séptimo de la red global de carreteras aproximadamente. Considerando que el patrón de movilidad en la red indicada es aplicable al resto de la red a escala nacional, la movilidad total estimada sería del orden de 70.000 millones de vehículos-kilómetro. El valor estimado para las furgonetas como categoría única es de 82.559 millones de vehículos-kilómetro, que tiene un orden de magnitud comparable con el valor publicado para camionetas. Es evidente de que la hipótesis de cálculo adoptada no es adecuada y que no existen elementos para determinar que bajo la denominación de “camioneta” del Ministerio de Fomento se integre el mismo parque, exactamente, que el considerado en este trabajo, pero, no obstante, los dos resultados corresponden a un mismo orden de magnitud. Por otra parte, en el proyecto europeo IMPROVER, realizado para estudiar la problemática de la seguridad de los vehículos ligeros de transporte de mercancías en países europeos, se indican datos de movilidad de furgonetas para España en los años 1999 a 2003, algunos de ellos obtenidos mediante estimaciones por parque. Esta fuente recoge para el año 2000 una movilidad en torno a los 78.000 millones de vehículo-kilómetro, y para los años sucesivos (2001-2002 y 2003) estimaciones de 81.700, 84.700 y 88.400 respectivamente. Estos valores dan soporte a la estimación realizada en el proyecto FURGOSEG.

### **8.1.2. Explotación de furgonetas**

**HE1:** Las furgonetas pueden estar sometidas a estados de carga muy variables lo que puede redundar en variaciones significativas del comportamiento dinámico.

En relación con la hipótesis HE1 las preguntas de la encuesta a tener en cuenta son:

- P.26. ¿Cree que este tipo de vehículos se conduce de la misma forma que un turismo? P.27. ¿Por qué?
- P.28. ¿Cree que este vehículo cargado debe conducirse en carretera de forma diferente a cuando circula con carga?
- P.29 ¿Puede indicar como cambia su forma de conducir este tipo de vehículo cargado?

Como se indicó con anterioridad, a la pregunta P.26, un 41,35% de los conductores responde que las furgonetas no deben conducirse de la misma forma que un turismo y este colectivo atribuye las diferencias, entre otros factores a, a los siguientes:

- Peso y dimensiones: 42 %
- Carga- estabilidad: 22,27 %

A la pregunta 28, respecto a si “este tipo de vehículo cargado debe conducirse en carretera de forma diferente a cuando circula sin carga”, los porcentajes de respuestas afirmativas, por grupos de vehículos son:

- G1: 71,08 %, G2: 79,52 %, G3. 77,25 %, G4. 67,96 %

Lo cual supone que el 27% de los conductores consultados consideran que el vehículo no debe conducirse de forma diferente cuando se modifica en estado de carga y que el 20,5% de los conductores de camión y un 22,75% de los conductores de furgonetas así lo aseveren.

En cuanto a los principales cambios que dicen experimentar en su forma de conducir, el 73% de los conductores que declara que sí cambia su forma de conducir cuando el vehículo circula cargado (P.29):

- Circula a menor velocidad: 78,07 %
- Incrementa la distancia de frenado: 71,78 %

Es de destacar que las respuestas de los que responden sí a estas dos formas de cambio en las formas de conducir, agrupadas en las categorías: siempre, frecuentemente u ocasionalmente, arrojan, para la primera (siempre), los siguientes resultados según tipo de vehículo:

- G1: 51,97 %, G2: 75,78 %, G3. 61,69 %, G4. 50,41 %

Respecto al incremento de la distancia de seguridad, las respuestas son:

- G1: 55,17 %, G2: 80,13 %, G3. 66,92 %, G4. 55,52 %

En relación con la variación de la carga en las distintas situaciones de explotación de estos vehículos, es un factor intrínseco al objeto de uso de los mismos, de los resultados expuestos obtenidos del análisis de los valores declarados de carga y los relativos a tara y MMA, ya comentados en relación con otras hipótesis, la relación PESO TOTAL/PESO EN ORDEN DE MARCHA (Vacío más conductor de 75kg) arroja los siguientes resultados, entre otros: en un 62% de los casos, dicha relación es inferior a 1.25; en un 27 % se sitúa

entre 1.25 y 1.5 y en el 10 % la relación entre peso en carga y vacío es superior a 1.5, encontrándose que en 40 casos dicha relación supera el valor 2.

**HE2:** La utilización mixta o para el transporte de personas puede presentar características accidentológicas diferentes a la utilización exclusiva para transporte de mercancías.

En relación con la hipótesis HE2 las preguntas de la encuesta a tener en cuenta son:

- P.1.2 ¿Qué tipo de transporte realiza habitualmente con este vehículo?.
- P.1.2.1. Para los que respondieron que realizan transporte mixto: Indique porcentaje en función del tipo de transporte.
- P.1.2.2. Para el mismo grupo: ¿el transporte lo realiza en fin de semana, en día laborable en ambos casos?

De las respuestas a la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados:

Un 22,58 % de los encuestados (834) declaran realizar transporte mixto. Este porcentaje varía con el tipo de vehículo, siendo:

- G1: 41,57 %, G2: 0 %, G3. 14,4 %, G4. 33,65.

Entre los vehículos que realizan transporte mixto, los porcentajes de uso como mixto o solo mercancías , según las repuestas es del 45,2% y 54,79% respectivamente (valores medios de las respuestas)

El número de vehículos cuyos conductores declaran realizar transporte mixto en fin de semana es 3,22 veces superior al de los que realizan este tipo de transporte en días laborables.

Los resultados anteriores derivados de las respuestas a la encuesta pueden considerarse coherentes con lo esperado, teniendo en cuenta los tipos de vehículos y uso previsible de ellos.

**HE3:** En un cierto número de casos los vehículos pueden circular sobrecargados o la carga mal estibada o sujeta.

En relación con la hipótesis HE3 las preguntas de la encuesta a tener en cuenta son:

- P.14.2.1 En relación con la carga habitual del vehículo, indicar el peso en kg de la carga.
- P. 36 Indicar la MMA del vehículo
- P.37 Indicar la tara del vehículo
- P.38 Número de kilos que tiene en este momento el vehículo

Según los datos analizados de la encuesta, considerando la carga habitual declarada por los conductores y la tara de los vehículos se han obtenido los siguientes resultados:

Entre el 8 y el 10% de la muestra total (310 veh. según declaraciones) circulaban con exceso de carga tomando como referencia MMA+100 kg. El anterior porcentaje se reparten entre G1= 2%, G2 (23%), G3 (29%) y G4 (46%), es decir que según las declaraciones, el 46% de los vehículos cuya sobrecarga supera en 100 kg la MMA son derivados y el 29% furgones.

Si se consideran sobre la muestra de cada tipo de vehículo los que circulan con sobrecarga de MMA+100 kg representan:

- 4% de la muestra de Pick up (166 en total)
- 15% de la muestra de camiones (459 en total)
- 6% de la muestra de furgones (1389 en total)
- 8% de la muestra de derivados (1679 en total).

En el tratamiento de la variable de sobrecarga discretizada en 4 niveles, hay mayoría de derivados y furgones. Por ejemplo:

- Nivel 1: Exceden la MMA en +100 kg 121 vehículos entre los cuales hay 2 G1, 32 G2, 38 G3 y 49 G4.
- Nivel 2: El exceso de carga está comprendido entre 100 y 200 kg: hay 47 vehículos entre los cuales hay 15 G2, 9 G3 y 23 G4.
- Nivel 3: El exceso de carga está comprendido entre 200 y 300 kg: hay 20 vehículos entre los cuales hay 1 G1, 5 G2, 7 G3 y 7 G4
- Nivel 4: El exceso es mayor de 300 kg: hay 122 vehículos entre los cuales hay 4 G1, 19 G2, 36 G3 y 63 G4.

En los intervalos de sobrecarga definidos la edad media de los vehículos sobrecargados aumenta desde una media de antigüedad de 7,43 años en el nivel 1 de sobrecarga hasta una media de 8,65 años en el nivel 4 de exceso.

**HE4:** La utilización de estos vehículos con fines de ocio (en fines de semana y otras ocasiones) puede originar un número y tipo de accidentes diferentes a los originados en el uso profesional.

Esta hipótesis no se puede contrastar de forma directa con los datos recogidos en la encuesta y se analiza en el capítulo 11 con datos de bases de accidentes.

**HE5:** Diferentes ámbitos de actividades de estos vehículos: paquetería (urbana), paquetería (interurbana), desplazamientos autónomos etc. pueden presentar diferentes niveles de accidentalidad.

Las preguntas de la encuesta dirigidas a obtener información en relación con esta hipótesis son:

- P.1 ¿Qué tipo de transporte realiza habitualmente?  
Mercancías /mixto.
- P.5 ¿Qué tipo de mercancía transporta habitualmente?
- P.4 ¿Qué tipo de vía utiliza habitualmente en los desplazamientos con este vehículo?. Urbana/ carretera

nacional/ autopista-autovía/comarcales-caminos y otras.

- P. 20 ¿Nos podría indicar si este vehículo ha sufrido alguna colisión mientras circulaba?
- P.21 ¿Nos podría indicar el N° de colisiones mientras circulaba en los que se vio implicado este vehículo en los dos últimos años? En el último, en el penúltimo.
- P.22 En relación con el conjunto de colisiones sufridas por este vehículo en los últimos dos años cuantas son de los siguientes tipos según los daños físicos: Sin Daños/ Con daños Leves/ Con daños Graves/ Con alguna víctima mortal.
- P.23 en función del tipo de colisión ¿nos podría indicar el número de colisiones sufridas por este vehículo en los 2 últimos años? (C.O.: Contra Obstáculo; C.V.: Contra Vehículo; C.P.: Contra Peatón; C.C.: contra ciclista; C.M. contra motorista) en ciudad, en carretera, o de tipo Salida de vía, vuelco u otro

Del tratamiento estadístico de las preguntas pertinentes de la encuesta de movilidad por tipo de transporte realizado, se ha determinado que un gran porcentaje de los conductores encuestados declaran que no han sufrido ninguna colisión: el 83,4% en transporte de mercancías y el 85% en transporte mixto. En términos absolutos 599 de 3693 conductores han declarado que han sufrido alguna colisión en los últimos años.

Por tipo de vías preferentes o de mayor uso para los desplazamientos (más del 75%) se distingue una mayor frecuencia de al menos 1 colisión en las vías urbanas (16,76%) seguidas de autopistas y las autovías (15,74%). Solo el 10% declara que ha sufrido al menos 1 colisión en las vías nacionales y un 5,41% en vías comarcales.

La frecuencia de colisiones declaradas (599 casos) por tipo de mercancías indica que hay mayor número de casos entre los transportes de productos no perecederos (61 de 226= 27%) y de paquetería (86 de 352=24%).

De los datos surge que aunque reducido se encuentran una mayor cantidad de casos de vehículos de paquetería que realizan desplazamientos de gran cantidad de kilómetros diarios (12 casos de 352). También en el transporte de muebles (7 de 176) y de productos perecederos (6 de 469) en los intervalos de distancia de más de 500 km/día.

**HE 6:** La explotación a través de una flota de furgonetas puede presentar ventajas respecto al transporte utilizando vehículos pesados como consecuencia de las limitaciones de velocidad de estos últimos y ello conducir a transporte de larga distancia sometidos a presión de tiempo de recorrido, lo cual puede afectar tanto a la velocidad como a la jornada de trabajo y descanso de los

conductores.

Esta hipótesis no se puede contrastar de forma directa con los datos recogidos en la encuesta, porque no se han realizado las preguntas específicas que respondan sobre esta cuestión. Tampoco ha sido posible obtener dichos datos a través de los resultados de otros paquetes de trabajo, ni se han podido desarrollar otras actividades que permitieran verificarla.

Sin embargo, algunos datos relacionados con la explotación y que fueron expuestos en las hipótesis precedentes, pueden dar indicios de que se pueden estar produciendo situaciones como las enunciadas en esta hipótesis.

Por ejemplo, en el estudio de la movilidad de los vehículos de la muestra, se han detectado un cierto número de conductores de furgonetas (1,1 %) de los encuestados que declaran realizar entre 500 y 1000 km diarios y un 0,22% que declara recorrer más de 1000 km en una jornada. De los conductores que declaran recorridos diarios tan importantes, el mayor porcentaje corresponde a furgones (representan el 62,5% de los casos de más de 1000 km y el 46,34% de los que recorren entre 500 y 1000 km); le siguen en orden de importancia los correspondientes a los grupos G2y G4 con porcentajes superiores al 26% en ambos casos. Aunque el número es un pequeño porcentaje de la muestra (49 de 3693), aceptando la representatividad de la muestra, y extrapolando los resultados al parque de furgonetas, el número de las que recorrerían las anteriores distancias diarias superaría las 30.000. En la muestra se ha detectado a 12 conductores de furgones que declaran recorrer entre 1000 y 2000 km en una jornada habitual.

## 8.2. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos relativos a la movilidad interurbana de las furgonetas muestran acuerdo en el orden de magnitud de la movilidad con la publicada en algunas fuentes oficiales de tipo nacional y europea para vehículos análogos o comparables a “furgonetas”. Esta aportación de gran interés para los estudios de accidentalidad, en los que los accidentes se ponen en relación con la movilidad específica de cada tipo de vehículo, es original de este proyecto y además de la movilidad global de furgonetas se proveen estimaciones correspondientes a los grupos de furgoneta definidos en el proyecto

Mediante esta determinación se han calculado indicadores de accidentalidad para furgonetas y se ha realizado la comparación de la siniestralidad con otros tipos de vehículos: turismos y camiones pesados, para los que existen datos de movilidad de los planes de aforo como una aportación de este proyecto.

Los principales resultados del análisis de hipótesis realizado en este capítulo, con los datos de la encuesta de movilidad y usos de las furgonetas, son integrados con el resto de aportaciones en el capítulo dedicado a la

metodología integrada (Capítulo 16).

### 8.3. REFERENCIAS

- Anuario estadístico. Año 2009. Ministerio de Fomento.
- Anuario estadístico general del Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT. Año 2009. Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la Dirección General de Tráfico.
- Los transportes y los servicios postales. Informe anual 2009. Ministerio de Fomento.
- Reglamento General de Vehículos, Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, BOE nº 22, de 26 de enero de 1999; corrección de errores en BOE nº 38, de 13 de febrero de 1999.
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods; another look at the jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1-26.
- Gross, S. T. (1980). Median estimation in sample survey. *Proc. of the Survey Research Methods Section. American Statistical Association*. 181-184.
- Knight I., Robinson T. Neale, M. and Hulshof W. (2009). The road safety performance of commercial light goods vehicles. IMPROVER PROJECT. TRL Limited.
- Rao, J. N. K. y Wu, C. F. J. (1988). Resampling inference with complex survey data. *Journal of The American Statistical Association*, 83, pp. 231-241.
- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

## 9. MOVILIDAD URBANA DE FURGONETAS

Autores: Andrés Monzón, M<sup>a</sup> Eugenia López-Lambas y Julio Comendador

### 9.1. PRINCIPALES RESULTADOS

#### 9.1.1. Caracterización de la movilidad según tamaño de ciudad y tipo de servicio

Con la intención de caracterizar la movilidad urbana de mercancías según el tamaño de las ciudades, se ha desarrollado una metodología basada en tres fuentes de información:

- Trabajo de campo (mayo-junio, 2009): que contabilizó, mediante la observación directa de unos aforadores, el paso de las furgonetas por distintos puntos estratégicos de las ciudades Madrid y Soria. Con esta información se llegó a una primera aproximación para la caracterización de la movilidad de furgonetas según tipo de vehículo y mercancía por tamaño de ciudad.

- Toma de datos GPS (febrero-marzo, 2010): que permitió, mediante la instalación en una serie de furgonetas en Madrid y Soria de un modelo de GPS que es usado por las empresas para el control de flotas, el manejo de unos datos reales referentes a: el número de paradas, distancia recorrida entre paradas, frecuencia de reparto, etc. Para una movilidad tan especial como es la de las furgonetas en el interior del entramado urbano, se consideró que era una herramienta indispensable.

- Diario de viaje (abril-mayo, 2010): que completó, mediante la realización de una serie de entrevistas personalizadas a los conductores y a las empresas que gestionaban los vehículos que llevaron instalados los GPS, la información que habían aportado dichos aparatos. Las posibles incongruencias que aparecieron en la explotación de los datos de los GPS, fueron subsanadas con este proceso.

Antes de cuantificar la movilidad urbana de las furgonetas, es muy necesario conocer cuáles son los parámetros de movilidad que la definen y que, según lo estudiado en este informe se pueden resumir en lo siguiente:

- Por tipo de vehículo, en las ciudades pequeñas se utilizan más las furgonetas de pequeñas dimensiones (Grupo I-pick up y Grupo IV-derivado de turismo) ya que la carga que se transporta normalmente es menor y a veces se utilizan para fines agrícolas.
- En el trabajo de campo (observación directa de aforadores) se contabilizó un porcentaje muy importante de “vehículos no identificados” (es decir, furgonetas que no llevaban ningún distintivo en el vehículo que los identificara como pertenecientes a alguna empresa). Este

porcentaje fue del 34,16% en Soria y del 58,12% en Madrid. Para valorar dicho dato caben muchas suposiciones como, por ejemplo, que haya muchas personas que utilicen la furgoneta para uso particular o que no la roten por discreción. Pero la razón fundamental está en el hecho de que existe una gran cantidad de personas “autónomas” que utilizan la furgoneta como vehículo para transportar distintos tipos de mercancías, lo que añade otro grado de complejidad al problema, ya que siempre es más difícil acceder a ellas si se quiere hacer un estudio de movilidad.

- Respecto a la distribución horaria del uso de las furgonetas en las ciudades, precisamente en las ciudades grandes es donde aparecen mayores “picos” (punta mañana, hora valle y punta tarde), mientras que en las ciudades pequeñas la utilización de las furgonetas es más uniforme a lo largo del día. Este dato, focaliza la problemática de la movilidad de las furgonetas en las ciudades en unas horas (11:00 por la mañana y 17:00 por la tarde) que, al menos, no se corresponden con las horas punta de la movilidad del resto de vehículos.
- El grupo de las furgonetas REPARTO realizan una gran cantidad de paradas al día, por lo que llevan a cabo muchas tareas de carga y descarga que dificultan la movilidad del resto de vehículos. Por otra parte, gran parte de estas furgonetas realizan diariamente el mismo recorrido controlado por la empresa, lo que ha llevado a unos resultados satisfactorios en el “análisis de velocidades” [Figura 19].

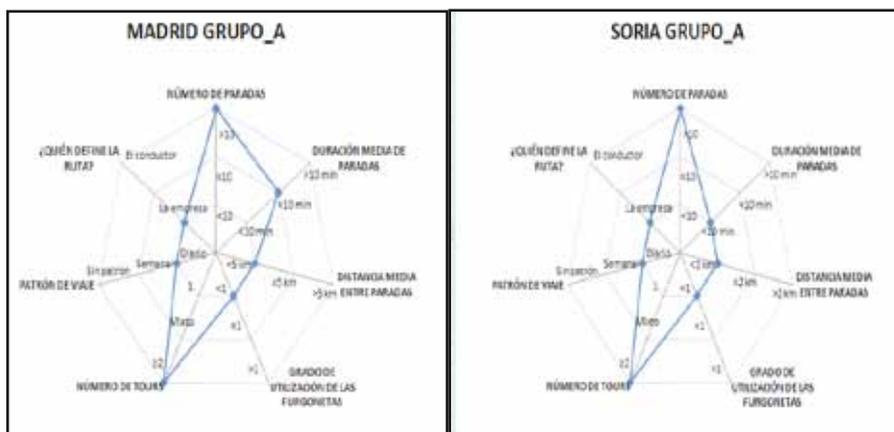


Figura 19. Análisis de recorridos: Grupo A (Reparto)

- Los vehículos del transporte de ALIMENTACIÓN normalmente tienen unos patrones de viaje que se repiten semanalmente y la mayor distancia entre paradas hace que se alcancen velocidades altas pero no muy alejadas de los límites de velocidad. Además, es un grupo muy heterogéneo ya que engloba a minoristas con grandes empresas, por eso TRANSyT realizó dentro de este PT. 1 un estudio más exhaustivo de este sector con furgonetas de la empresa Carrefour [Figura 20].

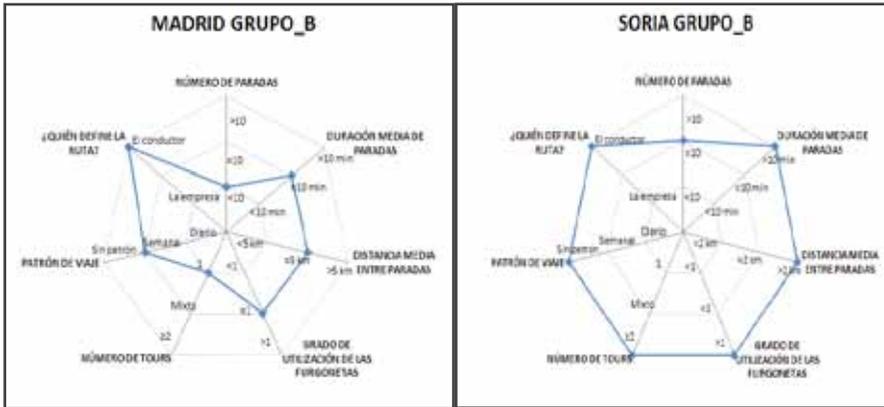


Figura 20. Análisis de recorridos: Grupo B (Alimentación)

- Las furgonetas del sector SERVICIOS suelen depender de una entidad pública, por lo que el comportamiento en términos de seguridad vial suele ser poco temerario. Realizan pocas paradas, casi todas en el centro de la ciudad y centralizadas en una base. Incluso muchas están paradas durante la mitad del día, así que son las furgonetas que menos interfieren en la movilidad del resto de vehículos [Figura 21].

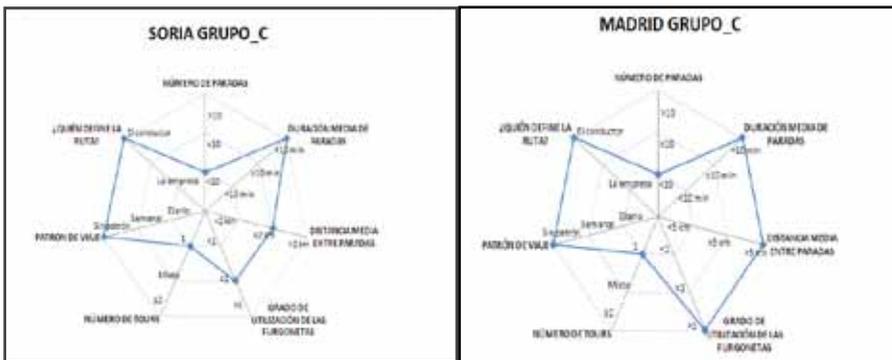


Figura 21. Análisis de recorridos: Grupo C (Servicios)

- Las empresas de CONSTRUCCIÓN utilizan las furgonetas para transportar materiales de la fábrica a una obra concreta o para realizar algún desplazamiento improvisado (una reparación, una fuga, etc.). Las furgonetas de este sector son las van durante la mayor parte de su recorrido a una velocidad por encima del límite permitido [Figura 22].

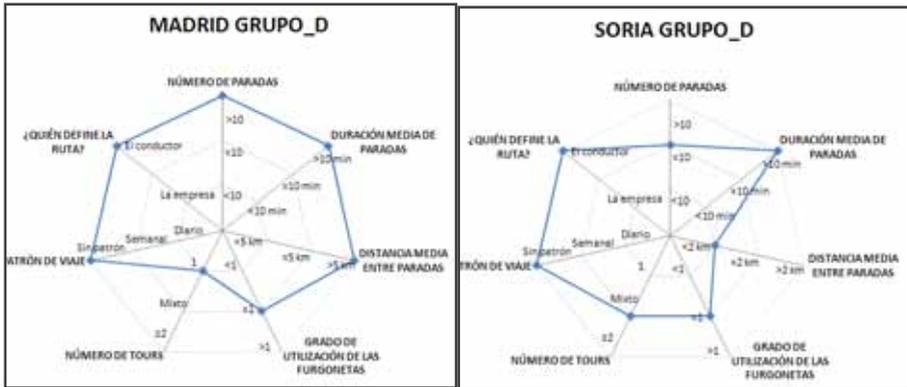


Figura 22. Análisis de recorridos: Grupo D (Construcción)

- Los AUTÓNOMOS son personas que tienen colaboraciones temporales con distintas empresas, o bien realizan trabajos por cuenta propia. No atienden a ningún patrón de movilidad impuesto por alguien, son los propietarios del vehículo, no tienen horario laboral establecido, etc. Situaciones que conllevan a un uso temerario de la furgoneta. Ya que la mayor parte de las veces el material que transportan es material de construcción, se puede concluir al respecto que es el grupo más “peligroso” a efectos de Seguridad Vial [Figura 19].

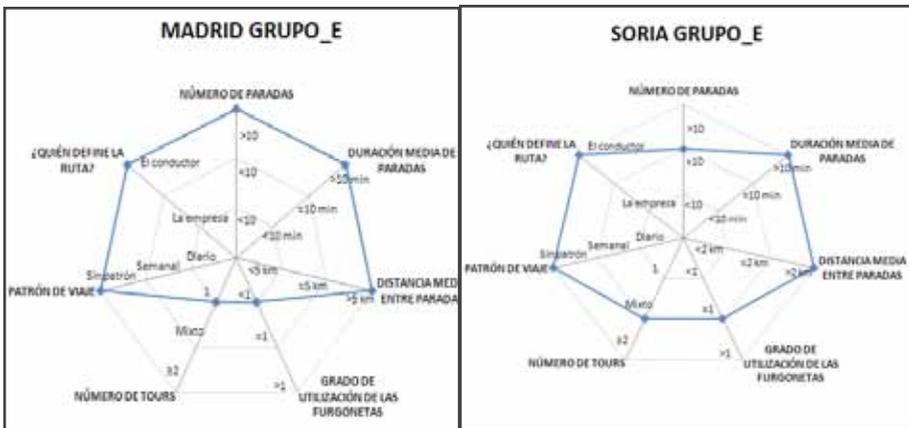


Figura 23. Análisis de recorridos: Grupo E (Autónomos)

Según el tipo de mercancía, la movilidad de las furgonetas por tamaño de ciudad no aporta grandes diferencias. Eso sí, como una ciudad grande tiene más “actividad económica”, el número de paradas y la duración media de las mismas es mayor que en el caso de la furgoneta que se mueve por una ciudad pequeña.

- Una furgoneta que respeta los límites de velocidad está relacionada con unas rutas predefinidas y la presencia de patrones de velocidad. En cambio, la improvisación y el desconocimiento de nuevas rutas traen consigo retrasos en el transporte y un peor comportamiento del conductor al volante de la furgoneta.
- Si el conductor de la furgoneta es propietario de la misma, se comporta de manera más peligrosa en la carretera. Ejemplos que ratifican esta afirmación aparecen en los resultados del “análisis de velocidades” [Tabla 9. ] para el grupo de autónomos y de las empresas minoristas del sector de la alimentación.

Tabla 9. Análisis de velocidades, Madrid

Rangos Grupos	<50 km/h	50-70 km/h	Fuera del límite	70-100 km/h	Fuera del límite	>100 km/h	Fuera del límite	Fuera del límite TOTAL
A. REPARTO	73.93%	22.37%	76.57%	3.70%	82.20%	0.00%	-	20.47%
B. ALIMENTACIÓN	27.60%	24.45%	84.25%	44.10%	60.60%	3.85%	64.65%	50.35%
C. SERVICIOS	42.90%	15.60%	36.15%	31.25%	6.90%	10.25%	55.75%	16.45%
D. CONSTRUCCIÓN	45.77%	32.17%	79.13%	20.00%	85.50%	2.10%	50.00%	43.00%
E. AUTÓNOMOS	34.10%	29.80%	61.05%	19.15%	38.00%	16.95%	74.85%	38.35%
Promedio	44.86%	24.88%	67.43%	23.64%	54.64%	6.63%	61.31%	33.72%

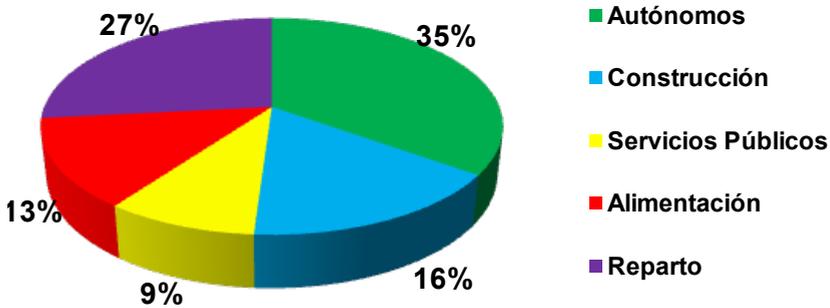
- Las zonas urbanas con una restricción de la velocidad entre los 50 y los 70km/h son las que presentan los mayores casos de comportamiento temerario en las furgonetas que transportan mercancías.

### 9.1.2. Cuantificación de la movilidad urbana de mercancías

- Siguiendo un sencillo modelo de *Random Stratified Sampling* (Pérez-Martínez, P.J., 2009), se ha llegado a una clasificación final de furgonetas por tipo de mercancías de una ciudad media para un día medio [Figura 24].

Figura 24. Clasificación final de furgonetas por tipo de mercancías

### Clasificación final de furgonetas por tipo de mercancías



- Para el trabajo de TRANSyT-UPM es necesario conocer el parque de furgonetas en Soria y en Madrid en el año 2008: 6.699 y 552.104 furgonetas, respectivamente (según la clasificación particular de los Grupos 1, 2, 3 y 4 del proyecto Furgoseg).
- Los kilómetros/día recorridos por una furgoneta en Soria y Madrid se han cuantificado en 44,8 y 88,6 respectivamente.
- Haciendo una serie de simplificaciones según la teoría del *Random Stratified Sampling* los millones de furgonetas-km/año por tamaño de ciudad (no provinciales) para Soria y Madrid son: 73,5 y 5.153,3, respectivamente.
- Comparando la movilidad de furgonetas-km con la general en cada una de las ciudades, se encuentra:

➤ Soria:

$$\frac{73,5 \text{ mill.furgonetas-km/año}}{1115 \text{ mill.vehículos-km/año}} = 6,6\% \text{ de la movilidad total}$$

$$\frac{73,5 \text{ mill.furgonetas-km/año}}{1115 \text{ mill.vehículos-km/año}} = 6,6\% \text{ de la movilidad total}$$

➤ Madrid:

$$\frac{5153,3 \text{ mill.furgonetas-km/año}}{19116,5 \text{ mill.vehículos-km/año}} = 27,0\% \text{ de la movilidad total}$$

$$\frac{5153,3 \text{ mill.furgonetas-km/año}}{19116,5 \text{ mill.vehículos-km/año}} = 27,0\% \text{ de la movilidad total}$$

## 9.2. CONCLUSIONES

Respecto de la movilidad urbana de las furgonetas se puede concluir que:

- Las diferencias de **comportamiento** de una furgoneta en el entramado urbano tienen que ver, no tanto con el tipo de vehículo, sino con el tipo de mercancías que lleva. El tamaño de ciudad tampoco influye en este aspecto.
- Una furgoneta con patrones de ruta prefijados y restricción horaria tiene un mejor comportamiento que aquella en la que predomina la improvisación y el descontrol horario. Por tipo de mercancías, las furgonetas de reparto respetan más los límites de velocidad que otras como las que se dedican al sector de la construcción o, por ejemplo, el personal autónomo [Tabla 10. ].

Tabla 10. Tipo de recorrido de cada grupo de mercancía según los criterios

Grupos \ Criterios	I. DISTRIBUCIÓN DE TOURS	II. ORGANIZACIÓN Y DEFINICIÓN	III. PATRONES DE REPETICIÓN	IV. GRADO DE UTILIZACIÓN	V. UBICACIÓN O/D
A. REPARTO	b. Descentralizado	a. Prefijado	a. Diario	c. Bajo	a. Interior
B. ALIMENTACIÓN	b. Descentralizado	b. Improvisado	b. Semanal	b. Medio	b. Periférico
C. SERVICIOS	a. Centralizado	a. Prefijado	c. Estacional	b. Medio	c. Mixto
D. CONSTRUCCIÓN	c. Mixto	b. Improvisado	d. Sin patrón	b. Medio	b. Periférico
E. AUTÓNOMOS	c. Mixto	b. Improvisado	c. Estacional	b. Medio	c. Periférico
	c. Mixto	b. Improvisado	d. Sin patrón	b. Medio	c. Mixto

- La herramienta del **GPS** utilizada en este estudio se considera indispensable para el correcto análisis de la realidad de la Distribución Urbana de Mercancías, ya que aporta datos cuantitativos que pasarían desapercibidos en una encuesta.
- La **cuantificación** de la movilidad de furgonetas (furgonetas\*km) sí depende del tamaño de las ciudades. En una ciudad pequeña como Soria la movilidad de estos vehículos representa el 6,6% del total. En cambio en Madrid, las furgonetas son el 27% de la movilidad total. Este último dato es similar al 25% de París (Dablanc, L., 2007) o casi el 30% de Londres (Browmne, M., 2007).
- Para una ciudad grande como Madrid, se ha estimado la cifra de 88,6 kilómetros diarios recorridos por una furgoneta de transporte de mercancías. Teniendo en cuenta, además, que realiza más de 10

paradas al día (muchas veces fuera del estacionamiento reservado), se puede concluir que la Distribución Urbana de Mercancías es una realidad que debe ser considerada por las **Autoridades Públicas**:

- Impulsando estudios que ayuden a ampliar su conocimiento.
  - Implantando medidas que fomenten el uso sostenible de las furgonetas para el reparto de mercancías: carriles bus/ mercancías como existen ya en muchas ciudades europeas, regulación del estacionamiento de C/D, regulación del tráfico de las horas punta, establecimiento de algún control específico de regulación del peso y tamaño de las furgonetas según la mercancía, etc.
- Una correcta gestión de la **empresa privada** que se preocupe por el conductor de la furgoneta por unas condiciones laborales dignas e incluso un cierto control sobre él (con tecnología GPS, por ejemplo), aseguraría una distribución de la mercancía más sostenible social, medioambiental y económicamente hablando.
  - La movilidad de las furgonetas en España se asemeja mucho a las grandes ciudades europeas, cuya movilidad urbana de mercancías ha sido estudiada en distintos proyectos (BESTUFS, FRETURB, COST 321, IDIOMA, SMILE, CARAVEL, MOBILIS, FIDEUS, etc.)

### 9.3. REFERENCIAS

- Browne, M., Piotrowska, M., Woodburn, A., Allen, J. (2007). Literature Review WM9: Part I - Urban Freight Transport. Carried out as part of Work Module 1. Green Logistics Project. Final version. University of Westminster.
- Dablanc, L. (2007) Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. Transportation Research Part A, 41, 280-285
- Lasa, J., Rincón, E., Aurrekoetxea, J. M., De la Torre, M. A. "Mapa Estratégico De Ruido De Bilbao E Información Población". Tecniacústica Cádiz 2009. Ayuntamiento de Bilbao- <http://www.sea-acustica.es/Cadiz09/RDO%20001.pdf>
- MIFO (2008). Información de la página web del Ministerio de Fomento. Revisado en 2008: [http://www.fomento.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/INFORMACION\\_MFOM/INFORMACION\\_ESTADISTICA/Transporte/Carreteras/TraficoCarretera\\_Metodologia.htm](http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/INFORMACION_MFOM/INFORMACION_ESTADISTICA/Transporte/Carreteras/TraficoCarretera_Metodologia.htm)
- Movilia (2006/2007). Metodología para la elaboración de la encuesta

de Movilia del Ministerio de Fomento:[http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/F49958E0-32B9-4DC0-10412B8195C7211/39014/ MetodologiaMovilia2006\\_2007.pdf](http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/F49958E0-32B9-4DC0-10412B8195C7211/39014/ MetodologiaMovilia2006_2007.pdf)

- Pérez-Martínez, P.J. (2009). The vehicle approach for freight road transport energy and environmental analysis in Spain. *European Transport Research Review*. Volume 1, Number 2, 75-85
- RACC, 2009. La congestión en los corredores de acceso a Madrid. Metodología. ANEJO I. [http://imagenes.racc.es/pub/ficheros/adjuntos/adjuntos\\_anejo\\_i.\\_cong\\_madrid.metodologia\\_jzq\\_63d91cfa.pdf](http://imagenes.racc.es/pub/ficheros/adjuntos/adjuntos_anejo_i._cong_madrid.metodologia_jzq_63d91cfa.pdf).
- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

## 10. MANTENIMIENTO DE FURGONETAS

Autores: Beatriz López, M<sup>a</sup> Jesús López, Vicente Díaz y María Ramírez

### 10.1. PRINCIPALES RESULTADOS

Un factor influyente en la seguridad vial es el mantenimiento de los vehículos. En este punto, se pretendió evaluar algunos aspectos relacionados con las inspecciones técnicas como son el nivel de cumplimiento de plazos de revisión y el nivel y tipo de rechazos, como indicadores del nivel de mantenimiento de los vehículos. Así mismo, se compararon estos factores con el de otros tipos de vehículos. Todo ello fue utilizado para analizar la influencia del factor mantenimiento y de las propias inspecciones en los accidentes.

#### 10.1.1. Análisis sobre la inspección en las ITV's de furgonetas

Con el fin de analizar la influencia del factor mantenimiento y de las propias inspecciones en los accidentes en los que están implicadas furgonetas, se estudiaron, primeramente, algunos aspectos relacionados con las inspecciones técnicas como fueron el nivel de cumplimiento de plazos de revisión y el nivel y tipo de rechazos, como indicadores del nivel de mantenimiento de los vehículos. Para ello, se realizó, a una muestra consistente en 167 furgonetas destinadas al transporte tanto de personas como de mercancías, una inspección en una estación ITV. En el estudio, además de determinar los índices de rechazo en función de los defectos leves (DL) y graves (DG) encontrados en las furgonetas, se realizó una encuesta a los conductores de los mismos para determinar si existe alguna variable que influya de manera importante en el número y tipo de defectos encontrados.

Los vehículos analizados se clasificaron en cuatro diferentes tipos: *Pick-up*, variante camión, furgón y combi y derivado de turismo. En este estudio, se quiso comprobar si existe una correlación entre diferentes variables estudiadas (kilometraje, antigüedad, seguimiento de un plan de mantenimiento) y el número y tipo de defectos encontrados durante la inspección.

#### 10.1.2. Análisis sobre el mantenimiento de furgonetas

Con el fin de determinar la eficacia de los planes de mantenimiento realizados sobre furgonetas se llevó a cabo una recogida de información relativa a los planes de mantenimiento correspondientes a 171 furgonetas de las 10 marcas

más representativas en el parque español. Esta información fue posteriormente correlacionada con los resultados obtenidos del análisis estadístico de los datos recopilados en las ITV's.

Se consideraron 122 puntos susceptibles de mantenimiento que se agruparon en 6 categorías: cambios, niveles, controles, pruebas de memoria, cambio de aceite y limpieza-engrases. Para poder correlacionar los datos de los planes de mantenimiento con los resultados obtenidos en las inspecciones técnicas se analizaron únicamente aquellos apartados que se inspeccionan en las ITV's, relacionados más directamente con la seguridad, y que tienen mayor porcentaje de rechazos: "4. Alumbrado y señalización", "6. Frenos" y "8. Ejes, ruedas, neumáticos y suspensión."

Considerando que las inspecciones técnicas de vehículos son periódicas en el tiempo se analizó, también, con qué frecuencia se realiza el mantenimiento de los diferentes elementos, si se realiza con una frecuencia temporal (en función del tiempo transcurrido desde su primera matriculación o última revisión), espacial (en función de los km recorridos por el vehículo) o tienen en cuenta ambos aspectos.

## 10.2. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas relativas a la inspección técnica de furgonetas han sido:

- Las furgonetas poseen mayor movilidad (aprox. 28.000 km/año) con respecto a los vehículos turismos (aprox. 15.000 km/año). Un vehículo turismo no posee un empleo mercantil, como ocurre frecuentemente con las furgonetas. La relación entre los kilómetros recorridos por las furgonetas y su antigüedad se puede aproximar a una parábola. El coeficiente del término cuadrático es negativo, lo que indica la presencia de un máximo, que en este caso corresponde con una antigüedad de casi 17 años (16,68 años) y 230.000 km (aprox.). A partir de este punto el uso de este tipo de vehículos comienza a disminuir de manera progresiva.
- Con los resultados obtenidos del análisis del porcentaje de rechazos de furgonetas en función de su utilización, se puede concluir que no hay ningún motivo para suponer que el conductor sobrecargue la furgoneta cuando ésta está destinada al transporte de mercancías, debido a que el porcentaje de rechazos es muy parecido al obtenido para furgonetas destinadas al transporte de pasajeros. Sin embargo, se observa un elevado porcentaje de rechazos en aquellas furgonetas destinadas al transporte mixto por lo que, de este resultado se puede concluir que estos vehículos sí que pueden estar sometidos a una utilización más agresiva (transportar más carga que le corresponde y posibles incrementos de velocidad, en

algunos casos) que puede producir un mayor deterioro y desgaste de sus sistemas y componentes.

- El porcentaje de RECHAZOS en la ITV en furgonetas es de 38,65%. Este porcentaje de rechazo es más elevado que el que se obtiene en los turismos (del orden del 20% de rechazos). Dado el elevado porcentaje de rechazos, en una primera aproximación, puede afirmarse que el mantenimiento del vehículo, en este caso furgoneta, realizado previo a la inspección, es inferior al recomendable.
- El número de inspecciones que han obtenido la calificación de DL (Defecto Leve) es muy elevado, aunque la furgoneta sea considerada después de la inspección como NO RECHAZADA. El porcentaje de inspecciones con DL es prácticamente igual a las inspecciones RECHAZADAS independientemente de la antigüedad del vehículo.
- Los tipos de furgonetas que dan mayor porcentaje de RECHAZOS en la ITV son:
  - *GRUPO 3: Variante furgón y combi de vehículos de MMA  $\leq$  3500 kg y en general  $>$  2000 kg con un porcentaje de RECHAZOS del 29%.*
  - *GRUPO 4: Derivados de turismo (van y furgoneta, en general  $>$  2000 kg con un porcentaje de RECHAZOS del 60%.*
- Teniendo en cuenta el porcentaje de RECHAZO en los diferentes tipos de furgonetas, estas se pueden agrupar en dos grandes grupos siguiendo el siguiente criterio de rechazo en la ITV:

<b>Rechazo</b>	
Menos del 7%	Variantes del turismo y del furgón
<b>Mas del 7%</b>	<b>Pick up y variante del camión</b>

Sobre el total de las furgonetas inspeccionadas, los grupos que presentan un mayor porcentaje de defectos corresponden al grupo 8. Ejes, Ruedas, Neumáticos y Suspensión con un porcentaje de rechazos del 14,4%. Le sigue el grupo 4. Alumbrado y Señalización con un porcentaje de 10,6%, el grupo 2. Acondicionamiento Exterior, Carrocería y Chasis obtiene un porcentaje de 9,4% y el grupo 6. Frenos con un porcentaje de 7,9%.

Los capítulos de mayor rechazo para los vehículos turismo y para los vehículos industriales, según las estadísticas del Ministerio de Industria Comercio y Turismo, son comunes a los que presentan las furgonetas. Sin embargo, los porcentajes de rechazo en furgonetas son mayores que en turismos, pero menores que en vehículos industriales (tipo N).

Estos grupos de inspección, a excepción del grupo 2. *Acondicionamiento Exterior, Carrocería y Chasis*, son los que están más directamente relacionados con la seguridad de los vehículos.

Los elementos que presentan un mayor porcentaje de RECHAZOS (considerando sobre el número total de vehículos rechazados=4280) son los frenos, con un valor del 24%, y los neumáticos, con un 22% de RECHAZOS.

Los elementos relativos a la señalización y al alumbrado de este tipo de vehículos presentan también un porcentaje de RECHAZOS elevado (el 18% y el 15% de RECHAZOS, respectivamente). El elemento que prácticamente no presenta ningún defecto a señalar o relevante en el estudio es la rueda. Para el Grupo 8: Ejes, ruedas, neumáticos y suspensión:

- o El NEUMÁTICO da un porcentaje de error del 8,87% (el porcentaje ha sido calculado sobre el total de furgonetas inspeccionadas=11075)

Es evidente que el usuario, en orden a criterios económicos, apura el neumático pudiendo afectar significativamente a la seguridad. El rechazo debido a la escasa reparación de este componente supone el 50% del total de los rechazos obtenidos en este apartado de inspección.

El mayor porcentaje de rechazos se alcanza en el intervalo de 150.000-200.000 km de recorrido del vehículo.

Dentro del sistema EJES, los elementos que dan un mayor porcentaje de rechazos son las *Rótulas* y los *Guardapolvos* con un porcentaje de rechazos del 2,08% y el *Eje Delantero* o los *Brazos de sujeción*, con un porcentaje de rechazos del 1,74% (el porcentaje ha sido calculado sobre el total de furgonetas inspeccionadas):

El rechazo en el eje delantero es más de cuatro veces el rechazo en el eje trasero. Esto puede indicar que las furgonetas operan a velocidades que incrementan la severidad de las frenadas. En la frenada "sufre" mucho más el eje delantero que el trasero, debido a la transferencia de carga. Además, en este tipo de vehículos que portan cargas elevadas, la transferencia de carga afecta mucho al comportamiento direccional y de la suspensión.

Respecto a los ejes se observa un máximo de rechazo en la franja de los 200.000-250.000 km. Situación similar a la de los neumáticos.

Dentro del sistema de SUSPENSIÓN, los elementos que dan un mayor porcentaje de rechazos son los *amortiguadores* con un 1,76% de rechazos, las *barras de torsión* y *estabilizadoras* con un 1% de rechazo y los *muelles* y *topes* con un 0,75% de rechazos (el porcentaje ha sido calculado sobre el total de furgonetas inspeccionadas):

Los defectos en los diferentes elementos de la suspensión no presentan porcentajes de rechazo elevados. Debe mencionarse aquí que, en la actualidad, la inspección de ITV que se realiza en el sistema de suspensión es muy limitado, careciendo de criterios de rechazo.

El rechazo se produce a lo largo de toda la vida del vehículo. Esto podría significar que el sistema de suspensión no se inspecciona con un criterio objetivo.

El mantenimiento de estos tres sistemas es costoso económicamente. Bien por el precio de los componentes a sustituir, bien por el coste de la mano de obra. Excepto en el caso de sustitución de los neumáticos, que se realiza en un tiempo pequeño, el resto de operaciones de mantenimiento necesitan horas de trabajo por parte del mecánico. Esto puede “justificar” comportamientos por parte del usuario a la hora de decidir cuándo realizar servicios de mantenimiento a la furgoneta. Los kilómetros realizados son decisivos así como el valor venal que posee el vehículo con esa antigüedad. Hay que resaltar también en este estudio que el valor de un vehículo se determina, a nivel comercial, por la antigüedad. Los kilómetros recorridos quedan en segundo término.

Todos estos elementos se inspeccionan de manera subjetiva por parte del inspector de ITV en el “foso”, utilizando detectores de holguras y mucha pericia. En algunas CCAA se utiliza, además, un banco de suspensión, de dudosa eficacia y carente de un criterio de rechazo consensuado entre los técnicos. El manual de procedimiento de inspección publicado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio no recoge el empleo de este tipo de equipamiento. Esto sucede en España y en todos los países europeos que poseen un sistema ITV equivalente al nuestro.

Para el Grupo 4: Alumbrado y señalización:

Sobre la totalidad de rechazos en este grupo, el elemento que obtiene mayor porcentaje de RECHAZOS es el de señalización, con un 55% de los RECHAZOS. El sistema de ALUMBRADO representa el 45% de rechazos dentro de este grupo.

Sobre el total de furgonetas inspeccionadas, los elementos que dan un mayor de porcentaje de RECHAZOS dentro del sistema de ALUMBRADO son:

Luces de cruce con un 3,49%.

Luces de posición con un 1,26%.

Luces antiniebla con un 1,21%.

Dentro del sistema de SEÑALIZACIÓN, los sistemas que dan un mayor porcentaje de RECHAZOS son:

Luces indicadoras de dirección con un 2,68%.

Luces de frenado con un 2,31%.

Los valores de mayor porcentaje de rechazos indican, una vez más, deficiencias en el mantenimiento, así como poca preocupación a la hora de pasar la ITV, ya que es muy sencillo comprobar si una luz de cruce está fundida o no o una luz de intermitencia.

Para el caso de luces y señalización se aprecia que entre 100.000 y 300.000 km se concentra la mayoría de los rechazos. Esto indica, por parte del usuario, una dejadez en el mantenimiento. No es dificultoso cambiar una bombilla, y sin necesidad de acudir a un taller. Quizás sea de las pocas cosas que un usuario pueda realizar personalmente desde el punto de vista de mantenimiento.

Para el Grupo 6. Frenos:

Sobre el total de furgonetas inspeccionadas, se aprecia que los elementos que dan un mayor de porcentaje de RECHAZOS son:

Freno de servicio con un 4,29%.

Freno de estacionamiento con un 1,97%.

Válvula del sensor de carga con un 1,46 %

De estos dos elementos, el que más influye en la seguridad de las furgonetas

es el de freno de servicio. Cabe destacar, el alto porcentaje de RECHAZOS en este elemento de seguridad. Para el elemento Freno de servicio, la mayoría de los rechazos se concentran entre los 100.000 y 300.000 km. Esto indica de nuevo, por parte del usuario, una dejadez en el mantenimiento. En este caso la reparación en el taller es obligatoria. El problema, aparte del precio, es que el vehículo queda inmovilizado suficientemente tiempo como para interrumpir un servicio laboral diario. Pese a la gravedad de circular con el sistema de frenos en mal estado el usuario prefiere seguir “explotando” el vehículo en labores de transporte.

Las principales conclusiones obtenidas relativas a los planes de mantenimiento de las furgonetas han sido:

Casi todos los puntos que son inspeccionados en la ITV, están incluidos en las revisiones que se realizan en los talleres, a excepción de los puntos: 6.5. Dispositivo antibloqueo, 6.6. Dispositivo de desaceleración y 6.7. Pedal del dispositivo de frenado, todos ellos pertenecientes al sistema de frenos del vehículo.

Las diferentes marcas que comercializan este tipo de vehículos poseen planes de mantenimiento muy distintos entre sí, e incluso varían entre los diferentes modelos de una misma marca. Se concluye que no existe uniformidad en cuanto a la estrategia a seguir en el mantenimiento de los diferentes elementos, sistemas y componentes.

La mayoría de los planes de mantenimiento (91%) que proponen los fabricantes de furgonetas se plantean o, considerando los kilómetros recorridos por el vehículo o en un plazo temporal. No existe ningún caso en el que solamente se plantee el mantenimiento temporal, es decir, considerando exclusivamente la antigüedad del vehículo. Esto es técnicamente lógico y correcto, ya que el mantenimiento que ofrece el fabricante solo puede estar regulado en base al uso que el usuario hace de su vehículo. Este último decide finalmente si se ajusta a ese plan o lo varía según su criterio subjetivo. Al ser la ITV obligatoria por ley, la periodicidad de la inspección sólo se puede regular en base a la antigüedad del vehículo.

Los planes de mantenimiento consideran posibles degradaciones de los diferentes sistemas y componentes de las furgonetas, independientemente de que sean estas consideradas RECHAZO en las ITV.

Respecto a los fabricantes, no existe un criterio unificado en cuanto a qué periodicidad o en qué número de kilómetros se han de realizar las revisiones de los elementos.

Para los elementos que pertenecen al sistema de frenos, se observa, en general, una gran dispersión en cuanto a las revisiones de mantenimiento que proponen las marcas. Existen elementos cuya revisión está incluida prácticamente en todos los planes de mantenimiento y otros elementos de seguridad analizados en este estudio que no se incluyen en los mismos.

En los elementos del sistema de frenos, predominan los planes de mantenimiento que realizan las marcas considerando tanto una frecuencia temporal, como espacial. En el resto de los sistemas del vehículo, predominan las revisiones con frecuencia espacial.

No hay un criterio unificado, por parte de las marcas, en cuanto a la revisión de los elementos que forman el sistema de alumbrado y señalización. En cambio, a la hora de pasar la ITV, el reglaje de faros se considera muy relevante, pues afecta directamente a la seguridad de circulación.

En los elementos del sistema de alumbrado y señalización, predominan los planes de mantenimiento que realizan las revisiones considerando tanto una frecuencia temporal como espacial. En el resto de casos, predominan las revisiones con frecuencia espacial.

Tampoco hay un criterio común, por parte de los fabricantes, respecto a los planes de revisión de los elementos que forman el sistema de ejes, ruedas, neumáticos y suspensión.

En los elementos del sistema de ejes, ruedas, neumáticos y suspensión, predominan los planes de mantenimiento que realizan las revisiones considerando tanto una frecuencia temporal como espacial. En el resto de casos, predominan las revisiones con frecuencia espacial.

### 10.3. REFERENCIAS

- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

# 11. COMPORTAMIENTO ACCIDENTOLÓGICO DE FURGONETAS: ACCIDENTES, TIPOS, FACTORES DE INFLUENCIA Y COMPARACIÓN CON OTROS COLECTIVOS

Autores: Francisco J. Páez Ayuso, Arturo Furones Crespo

## 11.1. PRINCIPALES RESULTADOS

Dentro de la categoría de “furgoneta” se incluyen una gran variedad de tipos de vehículos, que aunque teóricamente se encuentran destinados al transporte de mercancías, muchos de ellos permiten un uso simultáneo para el transporte de personas (vehículos mixtos). De esta manera, tanto por características constructivas como de utilización, dichas furgonetas se encuadran en ámbitos próximos a: los turismos, para el transporte combinado de personas y mercancías; los autobuses, para el transporte de personas; y los camiones, para el transporte de mercancías, aunque mostrando diferencias significativas con los vehículos de mayores dimensiones en autocares y en camiones.

Las furgonetas suelen ir menos equipadas que los turismos con sistemas de seguridad embarcados, aunque en los últimos años se observa que determinados dispositivos se van montando de serie en los vehículos nuevos, principalmente sistemas antibloqueo de frenos ABS y airbags frontales. Junto a esto, los conductores de este tipo de vehículos no precisan habilitaciones especiales para la circulación, ni se encuentran restringidas sus jornadas de conducción, y los vehículos no se hallan limitados en cuanto a la velocidad (frente a los camiones y los autobuses).

Por ello, en el presente capítulo se ha desarrollado una comparación en la que se ha analizado los accidentes en los que se han visto involucrados al menos una furgoneta conjuntamente con los de otras categorías de vehículos (turismos, camiones pesados, camiones ligeros y autobuses).

La distribución de los accidentes según la zona de ocurrencia es muy similar en aquellos con implicación de furgonetas y de camiones ligeros, con un porcentaje ligeramente superior de los ocurridos en vías interurbanas. En el caso de aquellos con implicación de turismos, presentan un porcentaje ligeramente inferior los accidentes ocurridos en vías interurbanas. Por otro lado, aquellos con implicación de camiones pesados muestran un porcentaje significativamente superior los ocurridos en dichas vías interurbanas.

La distribución de los accidentes según el tipo de vía interurbana muestra un claro predominio de los accidentes ocurridos en carreteras convencionales, para todas las categorías de vehículos consideradas.

El análisis de los accidentes interurbanos totales revela distribuciones diferentes de tipos de accidentes según la categoría de vehículo implicado. En turismos, el tipo de accidente más frecuente es la salida de vía. En furgonetas, destacan las salidas de vía, las colisiones frontolaterales y los alcances. Los camiones pesados presentan distribuciones muy semejantes a las furgonetas, excepto por el mayor porcentaje de accidentes laterales y menor proporción de frontales y frontolaterales. En cuanto a los autobuses, destaca la baja proporción de salidas de vía y vuelcos, y el alto porcentaje de colisiones en general (frontales, frontolaterales, laterales y alcances). Finalmente, en cuanto a los camiones ligeros, en comparación con las furgonetas, disminuye la proporción de frontales y salidas de vía y aumenta ligeramente la de laterales y alcances.

Seguidamente, se describe el análisis efectuado para la identificación de los principales factores de influencia.

### 11.1.1. Minería de datos

Como ha sido descrito en el capítulo 5, en una primera fase se ha efectuado un análisis de minería de datos de los registros de accidentes contenidos en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la DGT (años 2000 a 2008), mediante la herramienta de Árboles de Clasificación y Regresión (CART). La limitación del período de análisis hasta el año 2008 se debe a que es el último disponible, con información sobre matriculaciones de vehículos, necesaria para la identificación de los tipos de furgonetas.

El objetivo ha sido la detección de interacciones significativas entre las variables explicativas y la variable dependiente. Dicha variable dependiente ha sido definida a partir de las hipótesis de trabajo establecidas al comienzo del presente proyecto.

**HV1:** las furgonetas pueden tener un comportamiento dinámico diferente a los turismos, por lo que los accidentes de furgonetas pueden incrementarse si se conducen como turismos.

Para su estudio se han definido cuatro escenarios distintos de accidentes que facilitan el análisis exploratorio:

- Escenario 1: Accidentes frontales en adelantamientos. Bajo la suposición de que las prestaciones de las furgonetas en el momento de su uso son inferiores a las de los turismos, podrían estar implicadas, proporcionalmente, en un número mayor de accidentes de estas características.
- Escenario 2: Furgonetas en accidentes de alcance, siendo ellas las que

alcanzan. En este caso la hipótesis es que la distancia de frenado de las furgonetas es mayor que la de los turismos y, por tanto, serán más propensas a alcanzar a los vehículos precedentes.

- Escenario 3: Salida de vía en curva. Se quiere comprobar si las furgonetas, debido a sus dimensiones, carga y la ubicación de su centro de gravedad (diferente a los turismos), se ven implicadas en mayor medida en accidentes de este tipo.
- Escenario 4: Accidentes con maniobras súbitas. Del mismo modo que el caso anterior, se quiere analizar si el comportamiento virador, o si la posición del centro de gravedad de la furgoneta, influyen en que estos vehículos sufran, proporcionalmente, mayor número de sucesos de estas características.

Los resultados de estos modelos se presentan a continuación.

1. Escenario 1: no se observan diferencias significativas en el comportamiento dinámico de las furgonetas con respecto a los turismos.

2. Escenario 2: el tipo de vehículo es la primera variable explicativa del modelo. El resto de las variables explicativas para los turismos y otros vehículos son, por lo general, variables relacionadas con el conductor.

3. Escenario 3: no se advierten diferencias significativas en el comportamiento dinámico del vehículo entre furgonetas y turismos en salidas de vía en curva. Sin embargo, se observa que existen otras variables como el motivo del desplazamiento, o la distancia prevista del mismo, que marcan claras diferencias entre estos dos tipos de vehículos.

4. Escenario 4: se produce un incremento significativo en la proporción de furgonetas, lo cual podría estar relacionado con el comportamiento dinámico del vehículo y en concreto con la posición del centro de gravedad de estos vehículos. El resto de las variables explicativas de estos modelos son variables relacionadas al comportamiento del conductor, como el “tipo de conductor” y el “motivo del desplazamiento”.

**HV3:** dentro del grupo de vehículos de menos de 3500 kg de masa total, existen 4 tipos (G1, pick-ups; G2, camión chasis-cabina; G3, furgón y combis/mixto; G4, derivados de turismo) que presentan características diferentes de diseño y otras condiciones con influencia en la seguridad y, por tanto, el comportamiento accidentológico de cada uno de ellos puede ser distinto.

- Respecto al tipo de furgoneta, la primera variable que segmenta el árbol es el tipo de conductor: conductor profesional, conductor particular y otros conductores.
- La siguiente variable que divide el nodo 1 (conductores profesionales) es el “desplazamiento previsto”: desplazamientos locales, desplazamientos

medios y largos. Hay mayor porcentaje de furgonetas del G4 con conductores profesionales entre los casos de desplazamiento local que en aquellos de desplazamiento medio y largo, mientras que con las furgonetas de los G2 y G3 sucede lo contrario.

- Respecto al nodo 2 (tipo de conductor particular más otros tipos), éste es dividido por el motivo de desplazamiento. Hay diferencias entre los motivos “ocio” y los “laborales” más “otros”.

**HE1:** las furgonetas pueden estar sometidas a estados de carga variables, lo que puede redundar en variaciones significativas del comportamiento dinámico.

- La variable que segmenta el árbol en primer lugar es el tipo de accidente, dividiendo en dos ramas: rama en la cual el tipo de accidente es vuelco (sobre la calzada o fuera de ella); y rama de accidentes del resto de tipos.
- De la primera rama (accidentes de vuelco), la siguiente variable que segmenta es el tipo de conductor.
- De la rama contraria (resto de accidentes que no son de vuelco), es la variable “exceso de velocidad” la que produce la división.

**HE2:** la utilización mixta o para el transporte de personas puede presentar características accidentológicas diferentes a la utilización exclusiva para el transporte de mercancías.

- La variable que en primer lugar segmenta el nodo principal o superior es la zona de ocurrencia del accidente: zona interurbana y zona urbana.
- A partir del nodo correspondiente a la zona interurbana, éste es dividido por la variable “tipo de accidente”, en las siguientes ramas: salidas de vía sin vuelco y los vuelcos (sobre o fuera de la calzada) frente al resto.
- Por la rama de los accidentes interurbanos del resto de tipos de accidentes (esto es, ni salidas de vía ni vuelcos), la variable que segmenta el segundo nodo son los tramos horarios de ocurrencia del suceso, con: accidentes diurnos y vespertinos/nocturnos, frente a tramos nocturnos.

**HE3:** en un cierto número de casos los vehículos pueden circular sobrecargados o con la carga mal estibada o sujeta.

- La variable que segmenta en primer lugar el nodo superior del árbol es el tipo de accidente, dividiéndose en dos ramas: accidentes de colisión con vehículo en marcha y atropellos, y el resto de tipos de accidentes (salidas de vía sin vuelco, vuelcos sobre la calzada o fuera de ella,

colisión con objetos en calzada y otros tipos de accidente).

- El nodo 1 es segmentado por la variable “tipo de vía”, dividiéndolo en las siguientes ramas: carretera convencional y otros tipos de vía, frente a autopistas, autovías y vías rápidas.
- A su vez, el nodo 3 se divide mediante la variable “exceso de velocidad”.

**HE4:** la utilización de estos vehículos con fines de ocio (en fines de semana y otras ocasiones) puede originar un número y tipo de accidentes diferentes a los originados en el uso profesional.

- La primera variable que segmenta el árbol es el día de la semana: en fines de semana (sábados y domingos), hay mayor proporción de furgonetas que se desplazaban por motivos de ocio que por motivos laborales. Entre semana (de lunes a viernes) la distribución es la contraria.
- Entre aquellos vehículos que sufrieron el accidente en fin de semana, la siguiente variable que divide el árbol es el grupo de la furgoneta. Así las furgonetas de los G2 y G3 tenían mayoritariamente motivaciones laborales.
- Por la rama del árbol correspondiente a los accidentes acaecidos entre semana (lunes a viernes, con mayoría de vehículos con motivación laboral), la variable que divide el nodo es la edad del conductor: conductores de más de 65 años tienen motivos de desplazamiento fundamentalmente de ocio, mientras que los conductores de edades inferiores se desplazaban mayoritariamente por motivo laboral.
- Entre estos últimos (conductores de edad inferior a 65 años), el árbol es segmentado por la variable “grupo de la furgoneta”.

**HC4:** una parte significativa de los conductores de estos vehículos pueden haber obtenido su permiso de conducción en países en los cuales las exigencias de formación y prácticas de conducción son inferiores a los niveles españoles.

- La primera variable que segmenta el árbol es “presuntas infracciones administrativas”, según la cual hay una diferencia significativa entre las proporciones de conductores de uno y otro grupo de nacionalidad según la presunta infracción administrativa sea “carecer de permiso de conducción adecuado” más “exceso de viajeros o carga”.
- La siguiente segmentación parte de este último nodo, el de otras infracciones o ninguna infracción, siendo la variable que lo segmenta la antigüedad del permiso de conducción.
- Dentro del grupo de conductores con antigüedad del permiso de conducción inferior a 4 años, la siguiente variable que segmenta este

nodo es la edad del propio conductor. Así se distinguen dos grupos diferentes: aquellos conductores con una edad de 26 a 55 años, y aquellos conductores con una edad inferior a 25 años, o superior a 56 años.

### 11.1.2. Investigación de accidentes en profundidad

Como ha sido mostrado en el capítulo 5, en una segunda fase se ha llevado a cabo el análisis de los Informes Técnicos elaborados por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, en el caso de accidentes mortales con implicación de furgonetas ocurridos durante los años 2009 y 2010. Dicho análisis ha estado estructurado a partir de las hipótesis de trabajo establecidas al comienzo del presente proyecto.

**HV1:** las furgonetas pueden tener un comportamiento dinámico diferente a los turismos, por lo que los accidentes de furgonetas pueden incrementarse si se conducen como turismos. Para su estudio se han definido cuatro escenarios distintos de accidentes que facilitan el análisis exploratorio

- Escenario 1: las colisiones mortales frontales de vehículos por un adelantamiento imprudente suponen el 5% de los casos. Sólo en el 2% de los casos el conductor de la furgoneta es responsable; en el 3% restante, el conductor de la furgoneta no puede realizar ninguna maniobra evasiva previa a la colisión.
- Escenario 2: desde el análisis de minería de datos, el porcentaje de vehículos que impactan en accidentes de alcance es mayor en el caso de las furgonetas (54%) que el de los turismos (43%). En los accidentes mortales, se obtiene una clasificación que distingue un mayor porcentaje de furgonetas que impactan en alcance (60%) en comparación a otros vehículos (48%).
- Escenario 3: en los accidentes mortales, la salida del carril de circulación por despiste o somnolencia del conductor responsable supone el 40% de los casos. El conductor de la furgoneta no realiza ninguna maniobra evasiva precolisión:
  - En el 14%, la furgoneta abandona el carril (por la derecha o izquierda) por despiste o somnolencia del conductor, sin implicación de un segundo vehículo, resultando en una salida de vía. El conductor no realiza ninguna maniobra evasiva precolisión.
  - En el 16%, el vehículo contrario abandona su carril por la izquierda por despiste o somnolencia del conductor, impactando frontalmente con la furgoneta. Ésta no puede realizar ninguna maniobra de esquiwa.

- En el 10%, la furgoneta abandona su carril por la izquierda por despiste o somnolencia del conductor, impactando frontalmente con el vehículo contrario. El conductor de la furgoneta no realiza ninguna maniobra evasiva precolisión.
- Escenario 4: en los accidentes mortales, el conductor de la furgoneta pierde el control de la misma, por giros bruscos tras un despiste y/o exceso de velocidad, en el 9% de los casos. En la mayoría de estos casos la furgoneta es responsable, y el conductor realiza varios movimientos bruscos sobre el volante, sin poder controlar el vehículo.
- El estudio en profundidad retrospectivo caso a caso muestra que el 14% de los accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas podrían haberse evitado con la implementación de un dispositivo ABS (sistema antibloqueo de frenos en frenada) en la furgoneta.
- El estudio en profundidad retrospectivo caso a caso muestra que el 18% de los accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas podrían haberse evitado con la implementación de un dispositivo ESP (sistema de control de estabilidad) en la furgoneta.

**HV3:** dentro del grupo de vehículos de menos de 3500 kg de masa total, existen 4 tipos (G1, pick-ups; G2, camión chasis-cabina; G3, furgón y combis/mixto; G4, derivados de turismo) que presentan características diferentes de diseño y otras condiciones con influencia en la seguridad y, por tanto, el comportamiento accidentológico de cada uno de ellos puede ser distinto

- Desde el estudio en profundidad retrospectivo caso a caso, y tomando en cuenta los Grupos 3 y 4 (94% del total de furgonetas implicadas en la Base de Datos en Profundidad de accidentes mortales con furgonetas), se observan algunas diferencias destacables entre grupos respecto al tipo de accidente. Las furgonetas del G4 están implicadas en mayor proporción en salidas del carril de circulación, mientras las del G3 presentan mayor implicación en alcances y en pérdidas de control.
- Junto a esto, también se observan algunas diferencias destacables entre grupos respecto al estado de carga del vehículo, lo cual afecta al comportamiento dinámico del vehículo. Las furgonetas del G4 implicadas circulaban en condición de vacío en mayor proporción que las del G3, mientras que el estado de sobrecarga se presenta únicamente en las furgonetas del G3, lo cual puede estar relacionado con su mayor implicación en alcances y en pérdidas de control.
- Desde el punto de vista de la eficacia de los dispositivos de seguridad activa y en función del tipo de accidente en que están implicadas las furgonetas, el ABS resulta más eficaz en las furgonetas del G3, mientras el ESP resulta más eficaz en las del G4.

- Desde el estudio de severidad realizado en el análisis en profundidad retrospectivo, resulta que la mayor proporción de fallecidos en la furgoneta se produce en las del G4 (62,3%) frente al G3 (40,6%). Respecto al uso del cinturón de seguridad en el momento del accidente, se usaba menos en el G3 (56,9%), frente al G4 (65,2%).

**HE4:** la utilización de estos vehículos con fines de ocio (en fines de semana y otras ocasiones) puede originar un número y tipo de accidentes diferentes a los originados en el uso profesional.

- Desde el análisis en profundidad retrospectivo resulta que las furgonetas accidentadas del G3 se emplean en menor medida para usos privado (37%) frente a las del G4 (59%).
- Junto a esto, las furgonetas en uso privado son más responsables del accidente (60%) frente a las que se mueven en jornada (38%).

**HC4:** una parte significativa de los conductores de estos vehículos pueden haber obtenido su permiso de conducción en países en los cuales las exigencias de formación y prácticas de conducción son inferiores a los niveles españoles.

- Desde el estudio en profundidad retrospectivo caso a caso, destacan los conductores de nacionalidad portuguesa frente a los demás, en relación con su elevada responsabilidad como causantes del accidente: los conductores portugueses son responsables del accidente en el 85% de los casos, frente al 50% en el caso de los conductores españoles.

## 11.2. CONCLUSIONES

- Las furgonetas presentan una implicación significativamente superior a los turismos en colisiones por alcance y en accidentes con maniobras súbitas del conductor seguidas de una pérdida de control. En este último caso, el exceso de carga, más propio de las furgonetas por sus condiciones de utilización, favorece la ocurrencia de accidentes con vuelco.
- El exceso de carga o la mala estiba de la misma influye en el tipo de accidente que sufre la furgoneta, presentándose con mayor frecuencia en accidentes de tipo salidas de vía sin vuelco, vuelcos sobre la calzada o fuera de ella, colisión con objetos en calzada y otros tipos. Este hecho podría estar relacionado con la modificación del comportamiento de la furgoneta derivado de las sobrecargas o el acondicionamiento de la misma respecto a las situaciones de circulación habituales, que pueden provocar cambios importantes en la posición del centro de gravedad o en las prestaciones de frenado de dichos vehículos.

- Los resultados precedentes en relación con el tipo de accidente y las condiciones de carga muestran diferencias destacables en el caso de las furgonetas del G3 (furgón) destinadas principalmente al transporte de mercancías, frente a las del G4 (derivados de turismo) con unas condiciones de uso más próxima a las de los turismos. En consecuencia, debería valorarse la conveniencia de establecer requisitos especiales a los conductores de furgonetas, en especial a los de determinados tipos como los furgones o camiones con MMA menor de 3500 kg.
- El estudio en profundidad retrospectivo caso a caso muestra que el 14% de los accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas podría haberse evitado con la implementación de un dispositivo ABS en la furgoneta; y el 18% de estos accidentes podría haberse evitado con un dispositivo ESP en dicho vehículo.
- Desde el punto de vista de la eficacia de los dispositivos de seguridad activa y en función del tipo de accidente en que están implicadas las furgonetas, el ABS resulta más eficaz en las furgonetas del G3, mientras el ESP resulta más eficaz en las del G4.
- Existe una mayor proporción de furgonetas que efectuaban un uso de transporte de mercancías que de uso de transporte mixto/personas. Las variables más significativas que diferencian ambos usos son variables accidentológicas (tipo de accidente, zona y tipo de vía), y en mucha menor medida las características del vehículo o de los conductores.
- La participación de los conductores extranjeros de furgonetas en los accidentes con víctimas en España es baja, aunque ha experimentado un incremento en los últimos años. Los conductores extranjeros de países del Magreb y “otros países” (esto es, ni españoles ni europeos occidentales y ni estadounidenses) implicados en accidentes poseen antigüedades del permiso de conducción inferiores, y proporcionalmente cometen más infracciones, especialmente administrativas. Además, los de “otras nacionalidades” presentan una proporción de consumo de alcohol/drogas superior al resto.

### 11.3. REFERENCIAS

- Arenas, B., Jiménez, F., Páez, F. J., Alcalá, E., Furones, A., Mira, J. M. y Aparicio, F. (2011). Comportamiento dinámico de vehículos ligeros de transporte de mercancías tipo N1 (“furgoneta”) y percepción de los conductores. X Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, 4 - 7 de Septiembre de 2011. Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, Oporto, Portugal.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A., Stone, C.J. (1984). Classification

and regression trees. Wadsworth International Group, Belmont, California, USA.

- Department for transport (2008). Road Accident and Road Freight Statistics Factsheet No. 1 – 2008. London.
- Hohnscheid D, K. J. Y OTROS (2006). Impact assessment of measures concerning the improvement of road safety of light goods vehicles (LGV). Final report of Subproject 2, IMPROVER Project.
- Páez, F. J., Furones, A., Badea, A. y Aparicio, F. (2010). Estudio de accidentes con implicación de furgonetas. IX Congreso de Ingeniería del Transporte, 7-9 Julio 2010, ponencia 307. ETSI Industriales de Madrid, UPM, Madrid, España.
- RACE (2008). La seguridad activa y pasiva en vehículos industriales. Madrid.
- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

## 12. INFLUENCIA DE FACTORES SOCIOECONÓMICOS, LEGISLATIVOS, DE CONTROL Y OTROS SOBRE ACCIDENTES Y VÍCTIMAS EN ACCIDENTES CON FURGONETAS

Autores: Blanca Arenas Ramírez, José Manuel Mira McWilliams.

Para la evaluación de la influencia de factores sobre los accidentes y víctimas se ha recorrido al ajuste de un modelo econométrico de la familia DRAG (Demand Road Accidents, et leur Gravité) para el periodo 2000-2009. Para conseguir este cometido se han desarrollado previamente tareas centradas en:

**Selección de variables:** se trata de identificar las variables de mayor influencia en los accidentes y víctimas, susceptibles de ser incluidas en el modelo, relacionadas con el entorno característico del sistema de transporte y movilidad, así como las fuentes de las que pueden ser obtenidas, el periodo y la frecuencia en que están disponibles.

Los criterios iniciales de incorporación de una variable al proceso de modelización son los siguientes:

Influencia en los accidentes y víctimas probado por otros investigadores a través de modelos DRAG u otros.

Influencia esperable en accidentes y víctimas de acuerdo con el criterio del equipo investigador e interés para la aplicación para el caso español.

Disponibilidad de los datos, o probabilidad de obtenerlos mediante métodos adecuados a través de variables auxiliares conocidas, en series mensuales para el periodo de estudio.

Aplicación de métodos de desagregación: se trata de desagregar las variables que no se encuentran con frecuencia mensual.

Elaboración de la base de datos: series mensuales de las variables seleccionadas para su posible incorporación al modelo.

**Ajuste y selección del modelo DRAG:** Se han ajustado una serie de modelos, mediante la introducción de los grupos de variables con el objeto de identificar las variables relevantes para el modelo y la explicación del fenómeno accidentalológico de las furgonetas. Para la obtención de los modelos, se procedió de forma sistemática mediante la introducción en forma secuencial e iterativa de los grupos de variables, seleccionando para el paso posterior, el modelo que desde el punto de vista del equipo investigador cumplía con los dos requisitos: 1) las variables tienen el efecto esperado (con signo correcto) y 2) no tienen colinealidad con las otras variables incluidas

para la obtención del modelo final.

Identificación de las variables de influencia: En total se han introducido 24 variables, seleccionadas tras un proceso minucioso de análisis y eliminación de la multicolinealidad, que corresponden a diferentes grupos.

Grupo A - infraestructura: Longitud de la red de autopistas de peaje del Estado; Proporción de red de alta capacidad del Estado.

Grupo B - Factores económicos: Inversiones en construcción de infraestructuras; Precio del combustible en euros/km; Paro registrado total; Índice de producción industrial; Índice de ventas de grandes superficies; Índice de actividad del sector servicios - Personal ocupado: comercio al por menor.

Grupo C - Características del parque: Proporción de furgonetas del parque que llevan incorporado ABS.

Grupo D - Vigilancia y control: Pérdida del permiso de conducir (todas las clases de permiso); Número de controles de radar; Número de controles aleatorios de alcoholemia.

Grupo E - Medidas legislativas: Ley de reforma del código penal; Ley del permiso por puntos; Ruido mediático (número de noticias relacionadas con seguridad vial)

Grupo F – Exposición: Vehículos-km interurbano total; Consumo de combustibles de automoción.

Grupo G - Actividad de parque: Consumo de combustibles de automoción / Índice de actividad del sector servicios - Personal ocupado: comercio al por menor.

Grupo H- Climatología y calendario: Precipitación; Días de nieve; Días con suelo cubierto de nieve; Temperatura media; Número de días laborables; Número de días sábados, domingos y festivos.

Obtención de los niveles de su influencia sobre los accidentes y víctimas: a través de los resultados de los modelos de accidentes mortales y de accidentes con muertos y con heridos graves, así como modelos de número víctimas heridas graves y de número de víctimas mortales, en accidentes de tráfico con implicación de al menos una furgoneta.

## 12.1. PRINCIPALES RESULTADOS

La existencia de más de una versión, para un mismo modelo, se debe a que cada una de ellas incluye distintas variables de los diversos grupos, o sea: no todas las variables de un determinado grupo están presentes en todas las versiones de un modelo, como se muestra en la Tabla 11.

En Tabla 12. se exponen los resultados de los modelos de número de accidentes mortales y de número de accidentes con muertos y heridos graves. Este último se presenta en tres versiones. En la Tabla 13. los resultados de los modelos de número de víctimas heridas graves y de número de víctimas mortales respectivamente. Los dos modelos se presentan en tres versiones.

Tabla 11. Matriz de impactos directos de modelos DRAG de seguridad

VARIABLES INDEPENDIENTES	MODELOS DRAG DE SEGURIDAD				
	Accidentes			Víctimas	
		Mortales	Con muertos y heridos graves	Heridas graves	Mortales
Grupo A	Longitud de la red de autopistas de peaje del Estado	◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆	◆ ◆
	Proporción de red de alta capacidad del Estado			◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆

VARIABLES INDEPENDIENTES	MODELOS DRAG DE SEGURIDAD				
	Accidentes			Víctimas	
		Mortales	Con muertos y heridos graves	Heridas graves	Mortales
Grupo B	Inversiones en construcción de infraestructura (miles de euros)	◆	◆ ◆ ◆ ◆		◆ ◆ ◆ ◆
	Precio del combustible en euros/km	◆			◆ ◆ ◆ ◆
	Paro registrado total		◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆	
	Índice de producción industrial (IPI)				
	Índice de ventas de grandes superficies	◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆
	Índice de actividad del sector servicios. Personal ocupado: comercio al por menor	◆			◆ ◆ ◆ ◆
Grupo C	Porcentaje del parque de furgonetas con ABS			◆	◆ ◆ ◆ ◆

VARIABLES INDEPENDIENTES	MODELOS DRAG DE SEGURIDAD				
	Accidentes			Víctimas	
		Mortales	Con muertos y heridos graves	Heridas graves	Mortales
Grupo D	Pérdida del permiso de conducir: todas las clases de permiso	◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆
	Número de controles de radar	◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆
	Número de controles aleatorios de alcoholemia	◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆
Grupo E	Ley de reforma del código penal	◆	◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆
	Ley del permiso por puntos	◆		◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆
	Ruido mediático (número de noticias relacionadas con seguridad vial)			◆ ◆ ◆ ◆	
Grupo F	Vehículos-km interurbano total	◆			
	Consumo de combustibles de automoción		◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆	◆ ◆ ◆ ◆

VARIABLES INDEPENDIENTES	MODELOS DRAG DE SEGURIDAD				
	Accidentes			Víctimas	
		Mortales	Con muertos y heridos graves	Heridas graves	Mortales
Grupo G	Combustibles / Índice de actividad del sector servicios. Personal ocupado: comercio al por menor	◆			
Grupo H	Precipitación	◆			
	Días de nieve		◆ ◆		
	Días con suelo cubierto de nieve				◆ ◆
	Temperatura media			◆	
	Número de días laborables		◆ ◆	◆ ◆	◆ ◆
	Número de días sábados, domingos y festivos		◆		◆

Leyenda:

◆	Modelo 1
◆	Modelo 2
◆	Modelo 3

Los resultados son analizados por grupos de variables a través de las elasticidades asociadas a un incremento del 10% de cada variable que proporciona una estimación del efecto de las variables independientes de carácter continuo, sobre la dependiente correspondiente, manteniéndose el resto de variables constantes. La interpretación de las variables tipo dummy que representan cambios legislativos o intervenciones especiales, se realiza

en base al efecto medio en el que se tradujo su introducción o puesta en marcha, por lo que el aumento o descenso asociado es la variación (positiva o negativa) con respecto al valor medio del período de evaluación de la “pseudo-elasticidad”. En ellas también se indica el estadístico t que determina el grado de significación de la variable, que se considera bajo o nulo para valores de  $t < 1$ , medio cuando se tiene  $1 < t < 2$  y alto para valores de  $t > 2$ .

Tabla 12. Resultados de los modelos: Número de accidentes mortales y Número de accidentes con muertos y heridos graves

Variables independientes	Acc. mortales	Acc. con muertos y heridos graves		
	Elasticidad (%)			
	(estadístico-t)			
	MAM	MAMHG 1	MAMHG 2	MAMHG 3
<b>Infraestructura</b>				
Longitud de la red de autopista de peaje del Estado	-2,08 (-0,21)	-10,20 (-3,05)	-10,64 (-3,27)	-10,57 (-3,01)
Proporción de red de alta capacidad del Estado	-	-	-	-
Inversiones en construcción de infraestructura (miles de euros)	-4,80 (-1,16)	-	-	-
<b>Factores económicos</b>				
Precio del combustible en euros/km	-1,57 (-0,35)	-1,39 (-0,72)	-0,95 (-0,54)	-
Paro registrado total	-	-5,40 (-2,02)	-5,10 (-1,99)	-4,59* (-1,78)
Índice de producción industrial (IPI)	-	-	-	-

Variables independientes	Acc. mortales	Acc. con muertos y heridos graves		
	Elasticidad (%)			
	(estadístico-t)			
	MAM	MAMHG 1	MAMHG 2	MAMHG 3
	-	-	-	-
Índice de ventas de grandes superficies	0,69 (0,30)	1,20 (1,48)	1,29 (1,83)	1,44 (1,89)
Índice de actividad del sector servicios.	15,30	-	-	-
Personal ocupado: comercio al por menor	(0,61)	-	-	-
Vigilancia y control	-	-	-	-
Pérdida del permiso de conducir: todas las clases de permiso	-5,20 (-1,94)	-1,33 (-1,19)	-1,17 (-1,06)	-1,29 (-1,10)
Número de controles de radar	-1,08 (-0,88)	-0,27 (-0,42)	-0,25 (-0,38)	-0,181 (-0,27)
Número de controles aleatorios de alcoholemia	-0,17 (-0,09)	-0,37 (-0,50)	-0,51 (-0,72)	-0,51 (-0,68)
Medidas legislativas				
Ley de reforma del código penal *	-7,9 (-1,05)	-	-	-0,40 (-0,08)
Ley del permiso por puntos *	-13,9 (-1,43)	-	-	-
Ruido mediático	-	-	-	-
Exposición				
Vehículos-km interurbano total	0,06 (0,02)	-	-	-

Variables independientes	Acc. mortales	Acc. con muertos y heridos graves		
	Elasticidad (%)			
	(estadístico-t)			
	MAM	MAMHG 1	MAMHG 2	MAMHG 3
Consumo de combustibles de automoción	-	11,04	11,95	11,49
	-	(3,53)	(4,44)	(3,86)
Actividad de parque				
Combustibles / Índice de actividad del sector servicios. Personal ocupado: comercio al por menor	13,89	-	-	-
	(1,79)	-	-	-
Climatología y calendario				
Precipitación	0,28	-	-	-
	(0,56)	-	-	-
Días de nieve	-	0,07	0,06	0,08
	-	(0,62)	(0,56)	(0,71)
Días de suelo cubierto de nieve	-	-	-	-
	-	-	-	-
Temperatura media	-	-	-	-
	-	-	-	-
Número de días laborables	7,36	1,25	-	0,77
	(1,11)	(0,47)	-	(0,29)
Número de días sábados, domingos y festivos	-	-	0,17	-
	-	-	(0,18)	-

\*Las leyes se analizan en un 100% por tratarse de variables dummies

Tabla 13. Resultados de los modelos: Número de víctimas mortales y Número de heridos graves

Variables independientes	Víctimas heridas graves			Víctimas mortales		
	Elasticidad (%) (estadístico-t)					
	MHG 1	MHG 2	MHG 3	MM 1	MM 2	MM 3
Infraestructura						
Longitud de la red de autopista de peaje del Estado	-	-8,68	-	-4,50	-3,15	-
	-	(-2,05)	-	(-0,46)	(-0,31)	-
Proporción de red de alta capacidad del Estado	-3,05	-	-3,75	-	-	-
	(-0,50)	-	(-0,83)	(-0,50)	-	-
Inversiones en construcción de infraestructura (miles de euros)	-	-	-	-4,30	-4,13	-3,26
	-	-	-	(-1,21)	(-1,14)	(-0,84)
Factores económicos						
Precio del combustible en euros/km	-	-	-	-1,99	-1,05	-0,27
	-	-	-	(-0,40)	(-0,22)	(-0,06)
Paro registrado total	-3,56	-2,66	-3,38	-	-	-
	(-0,85)	(-0,71)	(-0,87)	-	-	-
Índice de producción industrial (IPI)	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Índice de ventas de grandes superficies	2,33	1,89	1,27	0,96	0,91	2,36
	(1,91)	(1,65)	(1,18)	(0,28)	(0,23)	(0,81)

Variables independientes	Víctimas heridas graves			Víctimas mortales		
	Elasticidad (%)					
	(estadístico-t)					
	MHG 1	MHG 2	MHG 3	MM 1	MM 2	MM 3
Índice de actividad del sector servicios. Personal ocupado: comercio al por menor	-	-	-	28,29	20,55	6,08
	-	-	-	(0,63)	(0,42)	(0,17)
Características del parque						
Porcentaje del parque de furgonetas con ABS	-0,59	-	-	-4,14	-4,05	-2,40
	(-0,37)	-	-	(-1,12)	(-0,98)	(-0,59)
Vigilancia y control						
Pérdida del permiso de conducir: todas las clases de permiso	-1,14	-1,38	-3,02	-1,56	-0,81	-1,30
	(-0,68)	(-0,75)	(-1,86)	(-0,72)	(-0,34)	(-0,64)
Número de controles de radar	-0,96	-0,90	-0,87	-1,97	-2,07	-2,18
	(-0,95)	(-1,09)	(-0,98)	(-1,29)	(-1,31)	(-1,37)
Número de controles aleatorios de alcoholemia	-1,58	-0,72	-1,18	-0,47	-0,82	-0,94
	(-1,60)	(-0,76)	(-1,04)	(-0,22)	(-0,41)	(-0,53)
Medidas legislativas						
Ley de reforma del código penal *	-7,70	-8,30	-11,1	-9,80	-8,60	-12,1
	(-0,71)	(-0,92)	(-1,02)	(-1,51)	(-1,26)	(-1,58)
Ley del permiso por puntos *	-	-	-	-6,70	-5,90	-4,6
	-	-	-	(-0,96)	(-0,81)	(-0,67)

Variables independientes		Víctimas heridas graves			Víctimas mortales		
		Elasticidad (%)					
		(estadístico-t)					
		MHG 1	MHG 2	MHG 3	MM 1	MM 2	MM 3
Ruido mediático		-0,13	-0,04	-0,08	-	-	-
		(-0,40)	(-0,17)	(-0,33)	-	-	-
Exposición							
Vehículos-km interurbano total		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
Consumo de combustibles de automoción		11,28	11,51	11,37	13,86	15,81	10,74
		(3,49)	(3,36)	(3,65)	(1,94)	(2,31)	(1,81)
Climatología y calendario							
Precipitación		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
Días de nieve		-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
Días de suelo cubierto de nieve		-	-	-	-0,23	-0,28	-0,38
		-	-	-	(-0,50)	(-0,57)	(-1,00)
Temperatura media		0,47	0,28	-	-	-	-
		(0,95)	(0,69)	-	-	-	-
Número de días laborables		-	1,68	3,80	3,46	-	4,38
		-	(0,48)	(1,20)	(0,50)	-	(0,66)
Número de días sábados, domingos y festivos		-	-	-	-	0,84	-
		-	-	-	-	(0,31)	-

\*Las leyes se analizan en un 100% por tratarse de variables dummies

## 12.2. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Las elasticidades de las variables en los dos tipos de modelos de accidentes (número de accidentes mortales y número de accidentes con muertos y heridos graves) muestran signos idénticos, que implican o bien reducción o aumento, pero no se ha detectado ningún caso en el que la variable, si está incluida en ambos tipos de modelos, muestre un comportamiento diferente. Entre las variables que ejercen mayor influencia sobre los accidentes mortales destacan las que reflejan nivel de actividad con furgonetas. Es el caso de Personal ocupado en el sector servicios, seguido del índice consumo de combustible por ocupado en el sector servicio. A distancia en nivel de influencia está el índice de ventas de grandes superficies.

La siguiente variable con gran influencia sobre el incremento de accidentes mortales es el número de días laborables.

Si se considera el modelo de accidentes severos (con víctimas mortales y heridos graves), la variable de mayor influencia es la exposición medida por el consumo de combustible.

La extensión de la red de autopistas de peaje presenta una importante influencia en la reducción de accidentes con heridos, graves y mortales. El primer valor coincide con lo esperado, por la mayor seguridad que ofrecen estas vías. La inversión en carreteras muestra también un efecto positivo sobre la ocurrencia de accidentes.

El precio del combustible juega un papel en la reducción de los números de accidentes y víctimas. Al aumentar el precio, se reducir la movilidad y modificar las conductas relacionadas con la velocidad.

Las medidas de vigilancia y control ejercen el efecto esperado: las suspensiones del carné de conducir y controles de velocidad presentan influencias mayores en la reducción de accidentes mortales que de accidentes con heridos severos, lo cual resulta lógico si se considera que se orientan a corregir o reprimir comportamientos que originan mayor riesgo. En este sentido parece que cumplen bien su objetivo. El número de controles de alcoholemia muestra mayor influencia en la reducción de todos los accidentes severos.

La ley de Permiso por puntos y de Reforma del Código penal muestra su efecto positivo en la reducción de accidentes mortales.

Para los dos tipos de modelos de víctimas (número de heridos graves y número de muertos) al igual que ocurre en los modelos de accidentes, las variables que ejercen mayor influencia sobre el número de víctimas destacan las que reflejan nivel de actividad con furgonetas. Es el caso de Consumo de combustible y el índice consumo de combustible por ocupado en el sector servicio. A distancia en nivel de influencia está el índice de ventas de grandes superficies.

La siguiente variable con gran influencia sobre el incremento de víctimas

mortales es el número de días laborables.

Se detecta una mayor influencia en la reducción de víctimas mortales que en heridos: de las variables: suspensiones de carné de conducir, ley de permiso por puntos, ley de Reforma del código Penal. Estos resultados coinciden con lo esperado, logrando incidir, en mayor medida sobre los conductores de mayor riesgo que, en general, originan accidentes más severos.

Los sistemas ABS tienen una influencia positiva, ya que han reducido en mayor medida el número de víctimas mortales que de heridos graves.

El número de controles de alcoholemia manifiesta mayor influencia en la reducción del número de heridos graves.

#### RESUMIENDO:

Los modelos desarrollados detectan influencias importantes, y con significación estadística, de las siguientes variables, sobre los accidentes y/o víctimas. En algunos casos la influencia es detectada por más de un modelo.

Variables con influencia positiva (el aumento del 10% en el nivel medio del período de variables cuantitativas, o por el paso de la no aplicación a la aplicación de una medida, se traduce en reducciones de accidentes y víctimas):

#### - Longitud de la red de autopistas de peaje:

- Accidentes mortales 2,08%
- Accidentes severos con víctimas en el intervalo [-10,20%; -10,64%]
- Víctimas heridas graves de -8,68%
- Víctimas mortales en el intervalo [-3,15%; -4,5%]

#### - Inversiones en la construcción de infraestructuras:

- Accidentes mortales -4,8%
- Víctimas mortales en el intervalo [-4,13%; -4,30%]

#### - Paro registrado:

- Accidentes severos con víctimas en el intervalo [-4,59%; -5,40%]
- Víctimas heridas graves en el intervalo [-2,66%; -3,56%]

#### - Pérdida de permiso de conducir:

- Accidentes mortales [-5,2%]
- Accidentes severos con víctimas comprendida en el intervalo [-1,17%; -1,33%]
- Víctimas heridas graves del -3,02%.

- Ley de permiso por puntos:
  - Accidentes mortales -13,9%
  - Víctimas mortales en el intervalo [-4,6%; -6,7%]
- Ley de reforma del código penal:
  - Accidentes mortales -7,9%
  - Accidentes severos con víctimas del 0,40%.
  - Víctimas heridas graves en el intervalo de [-7,70% y -11,1%]
  - Víctimas mortales en el intervalo [-8,6%; -12,1%]
- Número de controles de radar:
  - Accidentes mortales [-1,08%]
  - Accidentes severos con víctimas en el intervalo [-0,18%; -0,27%]
  - Víctimas heridas graves [-0,87% y -0,96%]
  - Víctimas mortales en el intervalo [-1,97%; -2,18%]
- Número de controles aleatorios de alcoholemia:
  - Accidentes mortales [-0,17%]
  - Accidentes severos con víctimas comprendida en el intervalo [-0,37%; -0,517%]
  - Víctimas heridas graves [-1,18% y -1,58%]
  - Víctimas mortales en el intervalo [-0,47%; -0,94%]
- Porcentaje del parque de furgonetas con ABS:
  - Número de víctimas mortales en el intervalo [-2,4%; -4,14%]
  - Heridos graves en -0,59%
- Días de suelo cubierto de nieve:
  - Víctimas mortales en el intervalo [-0,23%; -0,38%]
  - Variables con influencia negativa (el aumento del 10% en el nivel medio del período de variables cuantitativas, o por el paso de la no aplicación a la aplicación de una medida, se traduce en incremento de los accidentes y víctimas):
- Índice de ventas en grandes superficies:

- Accidentes mortales de 0,69%
  - Accidentes severos con víctimas comprendidos en el intervalo [1,2%; 1,44%]
  - Víctimas heridas graves en el intervalo [1,27%; 2,33%]
- Consumo de combustible:
- Accidentes severos con víctimas comprendidos en el intervalo [11,42%; 11,95%]
- Número de días laborables en el mes:
- Accidentes mortales 7,36%.
  - Víctimas heridas graves en el intervalo [1,68%; 3,80%]
  - Víctimas mortales en el intervalo [3,46%; 4,38%].
  - Número de días sábados, domingos y festivos en el mes:
  - Víctimas mortales de 0,84%.
- Días de nieve:
- Accidentes severos con víctimas en el intervalo [0,06%; 0,08%]

### 12.3. REFERENCIAS

Agencia Estatal de Meteorología. AEMET. Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y marino. Gobierno de España.

Aparicio Izquierdo F., Arenas Ramírez B., Mira McWilliams J. M., Páez Ayuso J. (2011). The endurance effects of the Penalty Points System in Spain three years after; Main influencing factors. *Accid. Anal. Prev* Vol 43(2011) pp 911-922, doi:10.1016/j.aap.2010.11.014

Arenas Ramírez, B.A., Aparicio Izquierdo A., González Fernández C., Gómez Méndez A. (2009). The influence of heavy goods vehicle traffic on accidents on different types of Spanish interurban roads. *Accid. Anal. Prev.* 41, 15-24. January 2009.

Bases de datos SERSIE y BDSICE. Ministerio de Economía y Hacienda.

Boletín oficial del Estado. BOE. Ministerio de la Presidencia. Gobierno de España.

COST 329 (1999). Models for Traffic and safety Development and Interventions. Final Report of the Action, Directorate General for Transport, European Commission.

Dirección General de Tráfico. Observatorio Nacional de Seguridad Vial.

Estudio del Sector Transporte en España. Desarrollo y Aplicación de Modelos de Análisis de las Condiciones para un Incremento Sostenible de la Movilidad (SETISMO). Plan Nacional de I+D en Transportes. Ministerio de Educación y Ciencias. TRA 99-1071-C02-01/ TRA 99-1071-C02-02. Años 2000-2002. Desarrollado por INSIA.

García-Ferrer, A., A. De Juan, P. Poncela (2006). Forecasting traffic accidents using disaggregated data. *International Journal of Forecasting* 22, 203-222

Gaudry, M. and Lassarre, S. (2000) Structural Road Accident Models. The International DRAG\ Family. Elsevier Science;

Informe Anual de los Transportes y Servicios Postales. Varios años. Ministerio de Fomento.

Instituto Nacional de Estadística. INE. Gobierno de España.

Liem, T., M. Gaudry, M. Dagenais, U. Blum, (2000). LEVEL: The L-1.5 program for BC-GAUHESEQ (Box-Cox Generalized Autoregressive Heteroskedastic Single Equation) regression and multimoment analysis. In: Structural Road Accident Models: the International DRAG Family, (Gaudry, M. Lassarre, S.), Elsevier Science, Oxford.

OECD Road Transport Research (1997). Road Safety Principles and Models: Review of Descriptive, Predictive, Risk and Accident Consequence Models. OCDE/GD(97)153, OCDE-OECD, Paris.

Rivas Ruiz, F., E. Perea Milla, A. Jiménez Puente, (2007). Geographic variability of fatal road traffic injuries in Spain during the period 2002–2004: an ecological study. *BMC Public Health* 2007, 7:266.

Servicio Público de Empleo Estatal. SEPE. Subdirección General de Análisis del Mercado Laboral. Ministerio de Economía y Hacienda. Gobierno de España.

FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

## 13. EFECTOS POTENCIALES SOBRE LA SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA DE DIFERENTES SISTEMAS DE SEGURIDAD

Autores: Felipe Jiménez Alonso, Javier Páez Ayuso, Arturo Furones.

### 13.1. PRINCIPALES RESULTADOS

- 13.1.1- Análisis bibliográfico

#### 13.1.1.1- PROYECTOS SOBRE EFECTIVIDAD DE SISTEMAS DE SEGURIDAD

En el pasado y en la actualidad se están desarrollando diferentes acciones encaminadas a la evaluación de los sistemas de seguridad. En este punto, es destacable diferenciar los estudios que persiguen la evaluación de la efectividad de un sistema concreto (a partir de estudios accidentológicos, ensayos, etc.) de los estudios que abarcan un grupo más amplio de sistemas y establecen una metodología integrada para su evaluación.

**E-IMPACT:** Este proyecto del FP6 persigue la evaluación socioeconómica de los sistemas inteligentes de seguridad, su impacto en la seguridad del tráfico y la eficiencia. Combina la visión de usuarios, fabricantes, aseguradoras, etc. También hace una previsión de implantación de estos sistemas. Se consideran 12 sistemas entre los que se encuentran Electronic Stability Control, ACC, Emergency Braking (EBR), Lane Keeping Support, eCall y SpeedAlert.

**PREVENT:** El objetivo de este proyecto integrado es el desarrollo, ensayo y evolución de diferentes sistemas de seguridad empleando sensores y comunicaciones para la asistencia al conductor. Dentro del subproyecto PREVAL, se definieron los objetivos de identificar las mejores prácticas para la evaluación de las aplicaciones de seguridad de PREVENT, definir el marco para estimar su impacto en la seguridad teniendo en cuenta el funcionamiento técnico y el factor humano y realizar recomendaciones para el despliegue y evaluación de estas aplicaciones de seguridad.

**APROSYS:** Aunque su alcance es mucho mayor, en relación a la evaluación de la efectividad de los sistemas, cabe indicar que se ha definido una metodología general de evaluación para sistemas de seguridad adaptativos.

**ASSESS:** Este proyecto del FP 7 persigue el desarrollo de procedimientos

de evaluación de sistemas pre-colisión frontales. Estos procedimientos se realizarán para la evaluación del conductor, el comportamiento del sistema pre-colisión, la evaluación en el impacto y evaluación socio-económica. Los principales objetivos del proyecto son: 1) Desarrollar procedimientos de evaluación estandarizados orientados a los sistemas pre-colisión frontales que detectan situaciones de riesgo y activan sistemas de seguridad activa y pasiva antes de un accidente inevitable; 2) Lograr una mayor aceptación para la futura implantación de herramientas de evaluación en reglamentación y clasificación de vehículos; 3) Proporcionar recomendaciones para facilitar a implantación de las más importantes tecnologías; 4) Identificar las barreras que impiden la introducción de los sistemas integrados de seguridad; 5) Analizar los potenciales beneficios socioeconómicos de los sistemas de seguridad integrada

**E-VALUE:** El objetivo de este proyecto del FP 7 es definir métodos de ensayo y evaluación de sistemas de seguridad basados en ICT. La presentación de estos resultados de ensayos ayudarán a la aceptación y uso de estos sistemas entre el público. Se basa en sistemas disponibles en la actualidad y se proyecta hacia los sistemas futuros. Se evaluarán los requerimientos del usuario, el entorno y los aspectos económicos. El trabajo se basa en un enfoque sobre escenarios y no sobre sistemas. Así, se parte de bases de datos de accidentes para definir las situaciones más críticas sobre las que se deben definir los métodos de ensayo. De esta forma, el escenario no se adapta al sistema en cuestión, sino que se basa en datos reales de accidentes, y así comparar la efectividad de varios sistemas ante la misma situación. El objetivo es evaluar el comportamiento global del vehículo ante un cierto escenario.

**EUROFOT:** Es un proyecto dentro del FP 7 que intenta evaluar el impacto de sistemas inteligentes sobre la seguridad, el medio ambiente y la eficiencia del conductor. Se orienta a sistemas ya maduros en turismos y camiones y se ensayarán en condiciones reales más de 1500 vehículos equipados e instrumentados. Los sistemas que se consideran son, entre otros, ACC, FCW, control de velocidad, y alerta de cambio de carril.

**CAMP:** Esta asociación incluye diferentes fabricantes y suministradores de componentes para sistemas de seguridad activa y sus actividades han sido principalmente financiadas por el Departamento de Transportes de EEUU. Inicialmente, se trabajó sobre el sistema FCW, pero se extiende posteriormente a los factores humanos del FCW, medidas de la carga del conductor (investigación del efecto de tareas secundarias), análisis de los requerimientos de mapas electrónicos para las aplicaciones futuras de seguridad activa y asistencia al conductor, y comunicaciones para funciones de seguridad. Posteriormente, diversos fabricantes trabajaron para el desarrollo de aplicaciones basadas en comunicaciones entre vehículos o con la infraestructura.

**TRACE:** Dentro de este proyecto, se definen fases para la evaluación de

los requerimientos de los usuarios y la evolución de la efectividad de los sistemas en relación a la seguridad. Se han considerado aproximadamente 160 sistemas de seguridad entre seguridad primaria, secundaria y terciaria.

### 13.1.1.2- Estudio bibliográfico de efectividad de los sistemas

Se ha analizado la efectividad de los sistemas de seguridad en base a los estudios previos publicados en revistas técnicas y congresos internacionales de especial relevancia. Esta búsqueda bibliográfica ha resultado en una selección de 90 publicaciones de interés, acumulándose, sobre todo, una gran cantidad de información de los sistemas ABS, ESP y LDWS (en cuanto a seguridad activa) y cinturones de seguridad, avisadores de cinturón de seguridad y airbags (en cuanto a seguridad pasiva). Sin embargo, cabe indicar que, sobre algunos de los sistemas identificados, no existe un conjunto excesivamente representativo de referencias que analicen su efectividad en materia de seguridad. Cabe indicar que se han detectado, en ocasiones, importantes diferencias en los resultados de efectividad de los sistemas entre unas fuentes y otras, debido al tipo de estudio, la amplitud de éste, los indicadores para evaluar dicha efectividad, las situaciones consideradas o las hipótesis en las que se sustentan.

#### Cinturón de seguridad

El cinturón de seguridad ha demostrado ser eficaz en la reducción de la mortalidad de los conductores en cualquier tipo de accidente. Según las estimaciones, el efecto es mayor del 40%, llegando al 64% según algunos estudios, si bien también hay otros más conservadores que cifran el beneficio en 20-30%. Si se emplea un índice de riesgo relativo entre los que usan cinturón de seguridad o no lo hacen, el efecto potencial es del 86,7 % para conductores y del 72,5 % para ocupantes de plazas delanteras.

#### Airbag

El airbag frontal para el conductor es especialmente efectivo en accidentes frontales. Algunos estudios muestran que el airbag puede reducir las muertes en un 30 % en accidentes frontales. Así, se reducen las lesiones en la cabeza con independencia de la severidad, al igual que en tórax, cuello y extremidades superiores. En dichas estimaciones, es necesario tener en cuenta la influencia del cinturón de seguridad, pudiéndose encontrar trabajos que comparan el efecto de usarlo o no en combinación con el airbag. Sin embargo, es cierto que el airbag puede provocar algunas lesiones en su despliegue. Para reducir estos efectos negativos, se han desarrollado los sistemas de segunda generación, que reducen las lesiones en las extremidades y las lesiones sobre los niños.

Sobre los airbags laterales o de cabeza existe menos bibliografía si bien existen ensayos que demuestran su efectividad para reducir las lesiones en el pecho y costillas en el primer caso, y en la fuerza y flexión en el segundo caso.

## Reposacabezas

Este sistema es efectivo para evitar el latigazo cervical (6 % de reducción para hombres y 13 % para mujeres en EEUU; 10 % y 22 %, respectivamente). Las lesiones en cuello se reducen entre un 13% y un 20% (14% para hombres y 24% para mujeres). De igual forma, se reducen las lesiones en cabeza y, de nuevo, con mayores beneficios para las mujeres que para los hombres.

## Pretensor del cinturón de seguridad

El pretensor del cinturón de seguridad permite un mejor acoplamiento del ocupante en el asiento y reducir la velocidad relativa con la estructura en un impacto. Los ensayos mostraron que el pretensor reduce el desplazamiento de la pelvis en un 29 % para los percentiles 50 y 95, mientras que, para el percentil 5, los valores oscilan entre el 11 y el 22 % según el tipo de sensor. Con datos reales de accidentes, el efecto puede alcanzar el 88 % para severidad de AIS2+.

## Avisador del cinturón de seguridad

El efecto sobre la seguridad del avisador del cinturón de seguridad no se asocia directamente a la reducción de lesiones sino sobre el incremento en el uso del cinturón. Un estudio muestra un aumento del 7 % en el uso, mientras que otro lo cifra en un 6 %. Analizando diferentes países, los resultados oscilan entre 2.9 % y 23 % con un promedio del 10 % y debe tenerse en cuenta que los valores más bajos se corresponden con situaciones donde el porcentaje de uso inicial era alto, y viceversa. Con ello, se concluye que el avisador es especialmente efectivo donde el uso del cinturón no es frecuente.

## ABS

El ABS está diseñado para no bloquear las ruedas en caso de frenadas severas. Se ha observado que su efecto es positivo en el caso de accidentes con peatones y ciclistas. El ABS puede ser efectivo tanto en accidentes de un solo vehículo implicado (evitación de colisión con obstáculo o atropello, por ejemplo) o accidente con contrario (accidente por alcance o frontal, como casos más evidentes). A su vez, sobre superficies deslizantes, su efecto puede ser mayor aún. Atendiendo a los estudios de efectividad recopilados, el ABS puede tener incidencia sobre los siguientes accidentes:

- Reducción de accidentes en un 5-40% del total excepto de salidas de vía
- Una introducción generalizada en Alemania conllevaría una reducción del 10-15% de accidentes graves.
- Reducción del 24% de accidentes mortales y 14% de accidentes no mortales en carretera con asfalto mojado. Otro estudio en la misma línea indica reducciones de accidentes en un 10.4% en carreteras mojadas y un 6.3% en heladas o nevadas
- Reducción del 27% de accidentes mortales con peatones y ciclistas

## Asistencia a la frenada

Este sistema incrementa la fuerza de frenado en caso de emergencia. Así, el tiempo entre la reacción sobre el pedal y el incremento de la presión en el circuito de frenos se acorta en 100 ms con lo que la distancia de frenado se reduce en un 6% que se traduce en la disminución de 5 km/h en la velocidad de impacto.

## ESP

El ESP está diseñado para mantener la estabilidad lateral. La efectividad del ESP está fuertemente asociada a accidentes por pérdida de control, lo que implica accidentes que, en general, sólo involucran a un vehículo (aunque existen situaciones en las que la pérdida de control conlleva colisiones con otros vehículos). Según los estudios de efectividad recopilados, el ESP se estima que tiene la siguiente influencia sobre los accidentes:

- Reducción de 32,4% de accidentes por pérdida de control y 55% menos de mortalidad. Otro estudio cifra la reducción en el 40%. Si se habla de la reducción de la probabilidad de derrape, se reduce en un 70,2% y 44.5% según los estudios.
- En vehículos comerciales ligeros, la efectividad se cifra en el 20%.
- Los accidentes con un solo vehículo se reducen en un 35% para turismos (28.7% y 41% según otros estudios) y del 67% para todoterrenos (54,5% en otros estudios). Según otro estudio, estos porcentajes para accidentes mortales son del 36% y del 63% y para accidentes registrados, del 26 y el 48%.
- Reducción de los accidentes en un 22,1% exceptuando la configuración de accidente por alcance.
- Reducción de muertes del 20%, pudiéndose evitar un 18% de los accidentes y un 32% de los mortales (3% o 29%, y 15 %, respectivamente, según otros estudios).

- Reducción de accidentes mortales por salida de vía en un 36% en turismos (40,7% según otro estudio) y en un 70% en camiones ligeros y furgonetas. Globalmente sobre todos los tipos de accidente, las reducciones son del 14 (22,1% según otro estudio) y 28%, respectivamente.
- La implantación total del sistema reduciría los muertos en un 15-20% y los heridos en un 7-11% (16,6 y 6,6%, respectivamente, según el estudio del proyecto elmpact).

## Limitador de velocidad

El limitador de velocidad es efectivo para eliminar los picos de velocidad alta y esto redundaría en un flujo más homogéneo. Sin embargo, se ha observado que el límite de velocidad preestablecido no es bien aceptado y la mitad de los conductores querrían un sistema voluntario en sus vehículos. A conclusiones semejantes sobre la distribución de velocidades se llega en otros estudios donde se destaca la homogeneización y el favorecer la incorporación de vehículos, así como la posibilidad que tiene el conductor de realizar una actividad secundaria, reduciendo el estrés cognitivo. Según el estudio del proyecto elmpact, la implantación total del limitador de velocidad provocaría una reducción del 8,7% de muertos y un 6,2% de heridos. En el proyecto Prevent, estos datos son 6,5 y 3,8%, respectivamente.

## Control de crucero adaptativo: ACC y FCW

El sistema FCW contribuye a la reducción de accidentes por alcance, estimándose su efecto en un 20,6%. Una ventaja muy notable de este sistema es su capacidad de ser adaptado por los conductores lo que aumenta su aceptación.

## Sistema de aviso de salida de carril

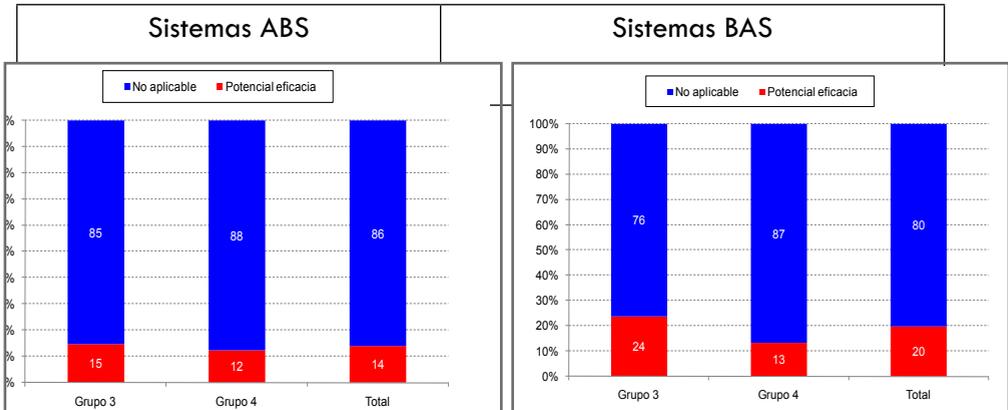
Se ha estimado que aproximadamente el 10 % de los accidentes por salida de vía de turismos y el 30 % de camiones puede evitarse con un sistema de aviso de salida de carril. Hay estimaciones inferiores al 10 % en reducción de accidentes con lesiones de camiones en carreteras secundarias y autopistas. Para camiones, otros autores consideran una estimación del 24 % en la reducción de accidentes. Por último, otros estudios muestran que entre un 21 y 23 % de salidas de vías y entre 17 y 24 % de los vuelcos se pueden reducir.

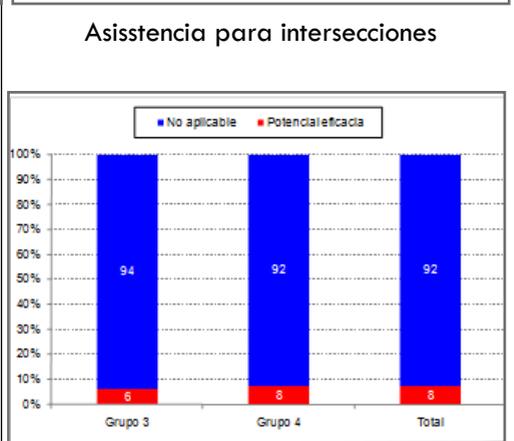
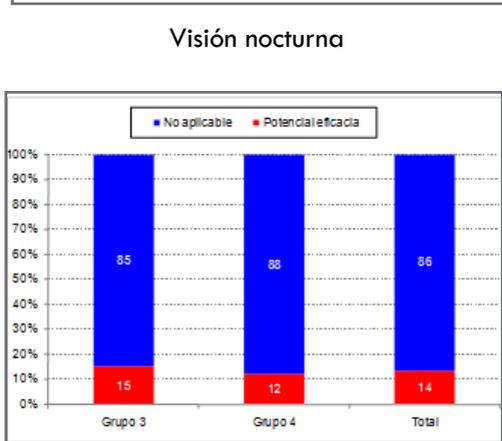
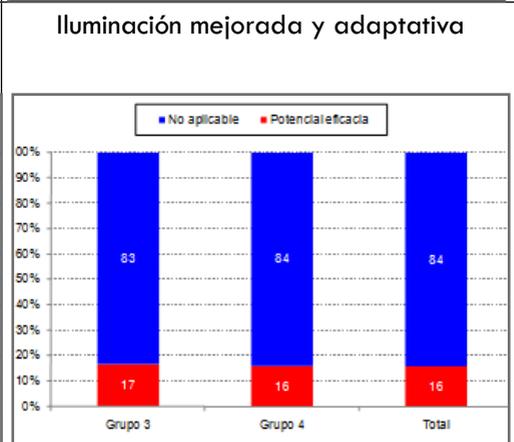
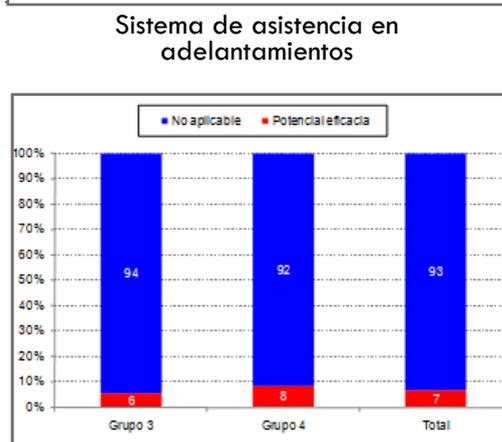
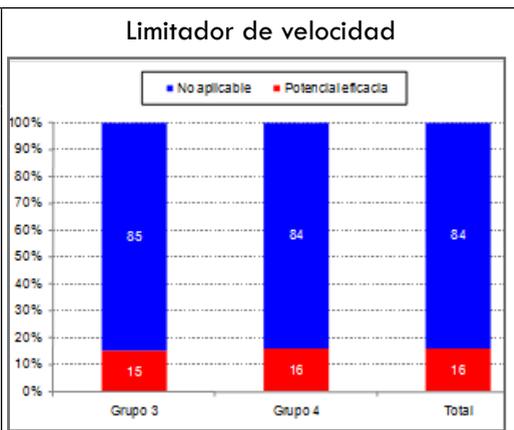
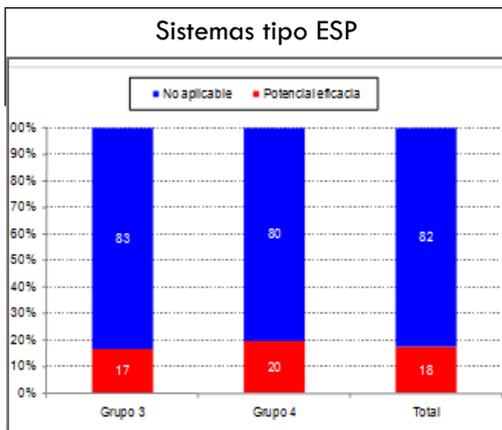
### 13.1.1.3 - ANÁLISIS DE EFECTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD ACTIVA BASADO EN EL ESTUDIO EN PROFUNDIDAD

Se ha estimado la efectividad que puede tener la introducción de ciertos sistemas de seguridad activa en las furgonetas, bien para reducir el número de accidentes, bien para reducir las consecuencias de éstos, a partir del estudio en profundidad de accidentes mortales con implicación de furgonetas de los años 2009 y 2010. Para ello, se ha utilizado la metodología de análisis de causalidad utilizada en Francia por l'IFSTTAR (Human Functional Failures in road accident causation process), la cual está siendo empleada en el proyecto europeo DACOTA (Road safety Data Collection, Transfer and Analysis), financiado dentro del SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME, SUSTAINABLE SURFACE TRANSPORT.

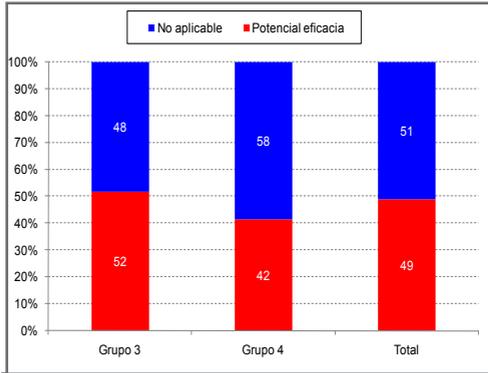
Los sistemas de seguridad primaria analizados en este apartado se listan seguidamente: antibloqueo de ruedas (sistemas ABS); asistencia a la frenada (sistemas BAS); control de estabilidad (sistemas tipo ESP); limitador de velocidad; control de cruceo adaptativo; sistema de asistencia en la salida de carril; sistema de asistencia en adelantamientos; iluminación mejorada y adaptativa; visión nocturna; asistencia para intersecciones; alerta y mitigación de colisiones frontales; detección de peatones y frenado automático; sistemas de detección de fatiga al volante; limitador de carga por eje; y alcoholímetro.

Los principales resultados del análisis efectuado se muestran en las siguientes figuras.

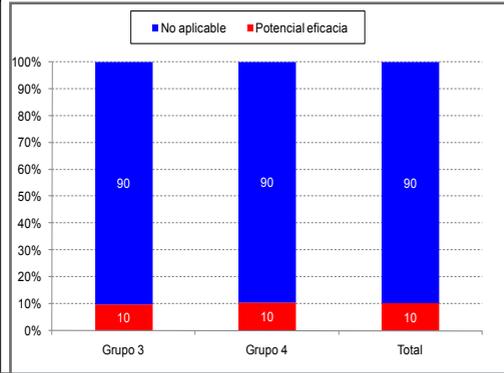




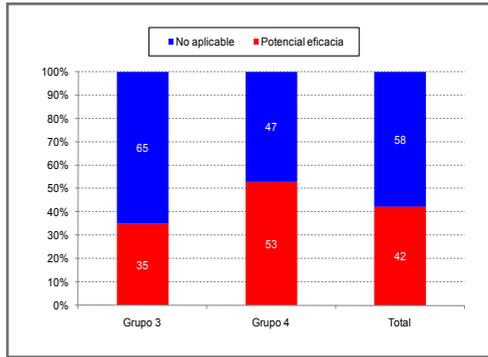
### Alerta y mitigación de colisiones frontales



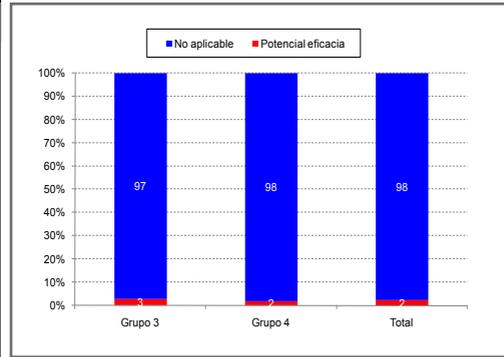
### Detección de peatones y frenado



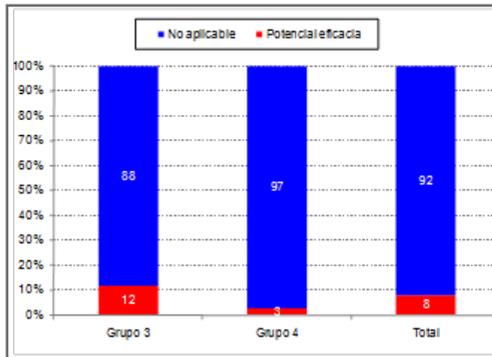
### Sistemas de detección de fatiga al volante



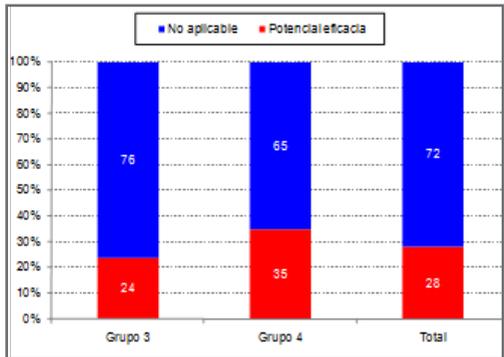
### Limitador de carga por eje



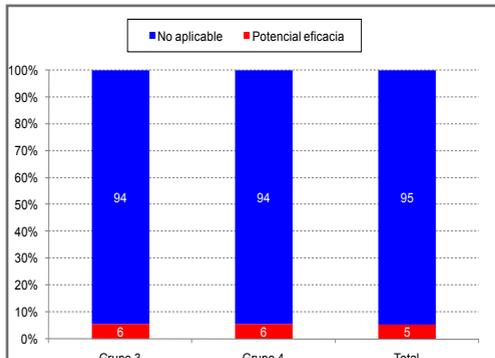
### Control de cruceo adaptativo



### Sistema de asistencia en la salida de carril



### Alcoholímetro



#### 13.1.1.4.- PRESENCIA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL PARQUE DE FURGONETAS DE 2008

La presencia de los sistemas de seguridad ha sido analizada para el parque de furgonetas del año 2008 en España y se ha distinguido entre el equipamiento disponible de serie, opcional o no disponible.

Puesto que el análisis de efectividad de la renovación del parque se centrará en los sistemas de seguridad activa, estudiando los accidentes que se podrían evitar, y teniendo en cuenta la información anterior disponible así como su cruce con la base de datos de accidentes con víctimas, este estudio se ha realizado sobre los siguientes sistemas: ABS, ESP y limitador de velocidad.

El parque de furgonetas en España en el año 2008 está compuesto por 3.039.745 furgonetas, cuya distribución por años de matriculación se indica en la Tabla 14.

Tabla 14. *Parque de furgonetas en España en 2008*

Año de matriculación	Unidades	%
Anterior a 2000	1.173.933	38,6
2000	183.190	6,0
2001	183.824	6,0
2002	172.972	5,7
2003	194.839	6,4
2004	214.785	7,1
2005	245.851	8,1
2006	255.057	8,4
2007	260.002	8,6
2008	155.292	5,1

Para los sistemas considerados, la Figura 25 a la Figura 27 muestran la presencia de los 3 sistemas en los vehículos del parque de 2008 en función de los años de matriculación, entre 2000 y 2008. En la Figura 25 se observa un claro crecimiento de la presencia del equipamiento de ABS de serie en las furgonetas según el año de matriculación es más reciente, decayendo el porcentaje de casos en los que se presenta como opcional. Sin embargo, aún en las furgonetas de 2008, existe una proporción alta de furgonetas sin ABS disponible o como equipamiento opcional, lo que no ocurre en el caso de turismos. Es decir, en este caso ya se puede observar el déficit claro de una medida de seguridad activa en las furgonetas. En el caso del ESP, se produce con los años un crecimiento de los casos en los que se oferta como equipamiento de serie u opcional, decayendo el caso de no disponible. Sin embargo, esta situación es la más común con diferencia aún en el caso de las Furgonetas matriculadas en 2008, donde más del 60 % no tienen ESP disponible. La tendencia parece bastante clara si bien el ritmo de implantación es muy lento,

más lento que en el caso del ABS y, por supuesto, más lento que en el caso de los turismos. Por último, el limitador de velocidad está presente como de serie en un grupo muy reducido de furgonetas. Si bien este porcentaje crece con el año de matriculación, todavía se mantiene en valores inferiores al 10%. Lo que sí ha tenido un crecimiento más significativo ha sido el considerar el equipamiento como opcional, reduciendo los casos de no disponible, llegando a cotas similares en las furgonetas del parque matriculadas en 2008.

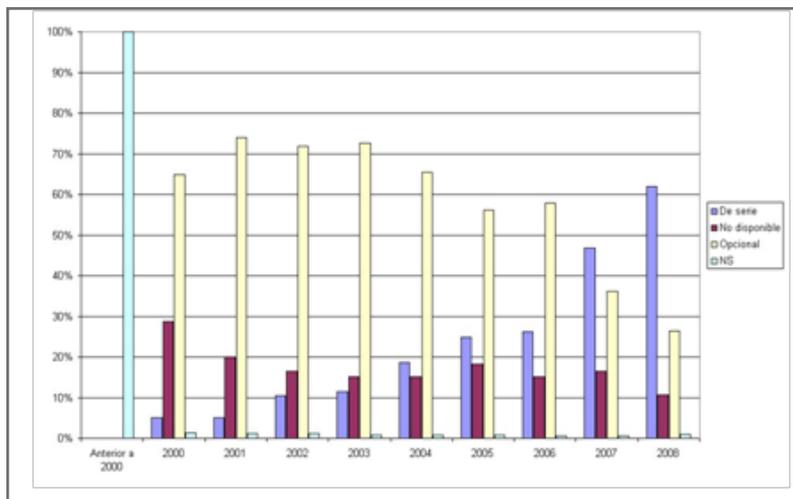


Figura 25. Evolución de la presencia del ABS en las furgonetas del parque de 2008 en función del año de matriculación

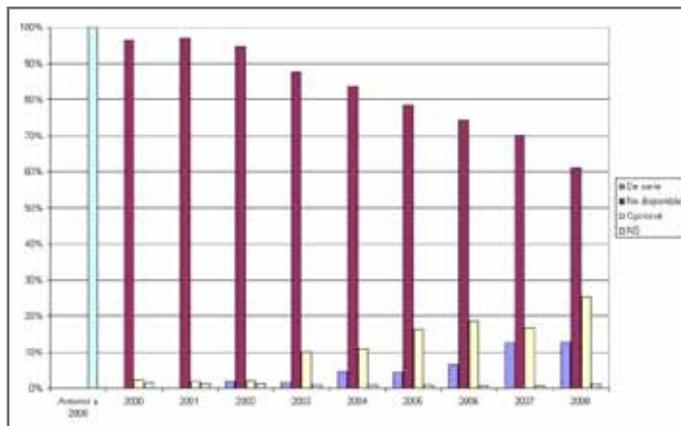


Figura 26. Evolución de la presencia del ESP en las furgonetas del parque de 2008 en función del año de matriculación

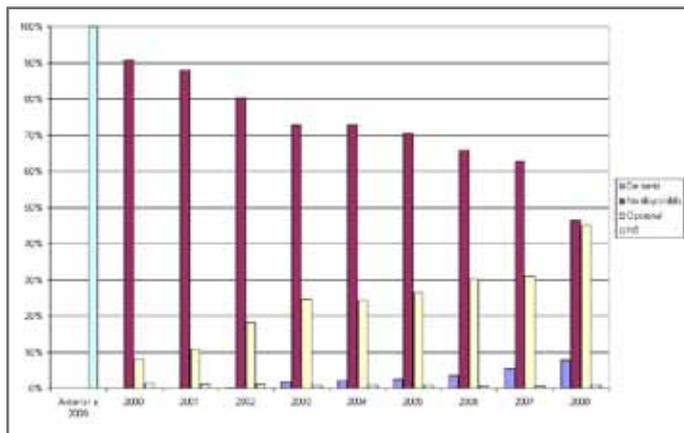


Figura 27. Evolución de la presencia del limitador de velocidad en las furgonetas del parque de 2008 en función del año de matriculación

### 13.1.1.5.- ESTIMACIÓN DE LA MEJORA EN LA SEGURIDAD CON LA RENOVACIÓN DEL PARQUE DE FURGONETAS

A partir de los datos contenidos en la base de datos de accidentes con víctimas en España en el año 2008, la Tabla 15. muestra los accidentes que se produjeron con implicación de, al menos, una furgoneta, según el año de matriculación de la misma.

Tabla 15. Accidentes donde al menos uno de los vehículos implicados es furgoneta

Año matriculación	Nº accidentes	Muertos (30d) en el accidente	Heridos graves (30d) en el accidente	Heridos leves
Anterior a 1999	1.841	66	356	2.538
1999	460	15	83	621
2000	492	16	94	646
2001	514	26	115	668
2002	493	20	93	604
2003	643	26	125	894
2004	713	23	116	893
2005	914	35	139	1.205
2006	1.012	36	168	1.331
2007	1.059	42	165	1.342
2008	336	11	73	419

A continuación, se analizan los escenarios en los que cada uno de los 3 sistemas puede resultar efectivo y evitar un cierto porcentaje de accidentes.

La efectividad detectada por los estudios previos sobre el ABS oscila bastante aunque se cifra en el entorno del 15%, valor que se asumirá en el estudio. Por otra parte, se hará la suposición de que, en un accidente con más de un vehículo, los demás vehículos distintos de las furgonetas tienen ABS. Este hecho no es cierto ya que todavía en el parque existe un número significativo de vehículos que no disponen de ABS. Sin embargo, sí debe hacerse notar que el porcentaje de introducción del ABS en las furgonetas es mucho menor que en el caso de turismos, con lo que un escenario de plena integración del ABS en furgonetas podría presuponer una muy alta penetración también en turismos.

En cuanto al ESP, en el presente estudio, se asumirá una efectividad del 40% sobre los accidentes en los que puede tener influencia, principalmente aquellos con pérdida de control como se ha puesto de manifiesto en el estudio bibliográfico.

Por último, de los datos contenidos en la base de datos de accidentes con víctimas de la DGT, la referencia a velocidad inadecuada aparece como posible factor concurrente y en presuntas infracciones sobre la velocidad. El limitador de velocidad no considera si la velocidad es adecuada a las condiciones sino que limita a la velocidad genérica legal del vehículo. Por ello, no se puede considerar efectivo en todos los accidentes donde se haya identificado como factor concurrente la velocidad. Sin embargo, se adopta como hipótesis que el limitador efectivo en aquellos casos en los que se ha detectado la infracción sobre la velocidad por sobrepasar el límite. En tales

casos, la efectividad del sistema en este tipo de accidentes puede considerarse del 100%, ya que eliminaría la causa de velocidad excesiva.

Siguiendo la metodología expuesta, los resultados de efectividad de la renovación del parque de furgonetas por nuevas que incluyan los sistemas antes indicados se muestran en la Tabla 16

Tabla 16. *Estimaciones de reducción de accidentes, muertos y heridos por la incorporación de sistemas de seguridad activa en las furgonetas*

Sistema	ABS	ESP	Limitador de velocidad
Accidentes	847	397	74
Muertos	32	13	8
Heridos graves	152	83	17

En el caso del ABS, las cifras anteriores suponen el 10% de los accidentes totales con implicación de una furgoneta. También debe recalcar el hecho de concretar qué accidentes pueden ser efectivamente evitados por el ABS, pudiendo incorporar accidentes concretos que por otras circunstancias no podrían ser evitados o eliminar otros que sí podrían ser evitados. Sin embargo, la información contenida en la base de datos estadística de accidentes no permite descender a un mayor detalle y debería recurrirse a estudios en profundidad de accidentes.

La introducción del ESP supone el 4,7% de los accidentes totales con implicación de una furgoneta. Estos resultados resultan algo más conservadores de los alcanzados por otros estudios que analizan la completa penetración del sistema en el mercado. Esto se justifica parcialmente por el hecho de que no se han considerado accidentes que involucren más de un vehículo, limitando el efecto potencial a accidentes de un solo vehículo que ha tenido pérdida de control.

Por último, la generalización del limitador de velocidad supondría una reducción del 0,9% de los accidentes totales con implicación de una furgoneta. Este porcentaje es notablemente inferior al alcanzado en otros estudios similares realizados para turismos. En este sentido cabe destacar que la indicación de exceso de velocidad en el cuestionario estadístico de accidentes no suele ser rellenado salvo que existan evidencias claras al respecto, por lo que quedan sin incluir bastantes casos en los que sí se produjo la infracción de velocidad.

## 13.2. CONCLUSIONES.

Desde hace bastantes años se han llevado a cabo estudios encaminados a la estimación de la efectividad de los sistemas de seguridad de los vehículos. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se suelen centrar en los turismos y se han detectado carencias claras en el caso de estudios específicos sobre

furgonetas. A través de la metodología HFF aplicada a una muestra de los accidentes mortales con furgonetas (correspondientes a los años 2009 y 2010) se ha analizado la eficacia potencial de un conjunto de sistemas de seguridad activa como antibloqueo de ruedas (sistemas ABS); asistencia a la frenada (sistemas BAS); control de estabilidad (sistemas tipo ESP); limitador de velocidad; control de crucero adaptativo; sistema de asistencia en la salida de carril; sistema de asistencia en adelantamientos; iluminación mejorada y adaptativa; visión nocturna; asistencia para intersecciones; alerta y mitigación de colisiones frontales; detección de peatones y frenado automático; sistemas de detección de fatiga al volante; limitador de carga por eje; y alcoholímetro. Se destaca que todos los sistemas muestran margen de mejora de la seguridad según el tipo de furgoneta: del 12 al 15% el ABS, entre 13 y 14% el BAS, entre el 17 y 20% el ESP, entre el 42 y 52% los sistemas de alerta y mitigación de colisiones frontales y entre el 35 y 53% en los sistemas de detección de fatiga.

Por otra parte, el estudio del parque de furgonetas muestra carencias claras en cuanto a la incorporación de sistemas de seguridad, sobre todo si se compara con la introducción de estos sistemas en los turismos.

En este estudio se ha analizado cual sería el efecto de la renovación del parque de furgonetas por otras que sí estuviesen dotadas de algunos de estos sistemas. En concreto, se han analizado el ABS, el ESP y el limitador de velocidad. Los resultados muestran reducciones de los accidentes con implicación de furgonetas del 10%, 4,7% y 0,9%, respectivamente. Debe hacerse notar que estas estimaciones son conservadoras por la metodología empleada y que el resultado es dependiente del valor de efectividad asignado, el cual se ha tomado intermedio entre los incluidos en estudios consultados. A pesar de ello, se observa que la efectividad estimada de la renovación del parque es relevante, dadas las carencias detectadas de estos sistemas en los vehículos del parque.

### 13.3. REFERENCIAS

El estudio bibliográfico llevado a cabo sobre la efectividad de los sistemas de seguridad comprende más de 90 publicaciones técnicas. A continuación se muestra una selección de algunas de las más representativas.

- Alena, E. (2008). Effects of electronic stability control (ESC) on accidents: A review of empirical evidence. *Accident Analysis and Prevention* 40, 167–173.
- Broughton, J., Baughan, C. (2002). The effectiveness of antilock braking systems in reducing accidents in Great Britain. *Accident Analysis and Prevention* 34, 347–355.
- Chira-Chavala, T., Yoo, S. M. (1994). Potential safety benefits of intelligent cruise control systems. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 135–146.
- Cummings, P., Wells, J. D., Rivara, F. P. (2003). Estimating seat belt effectiveness using matched-pair cohort methods. *Accident Analysis and Prevention* 35, 143–149.
- Cummings, P., Grossman, D. C. (2007). Antilock brakes and the risk of driver injury in a crash: A case-control study. *Accident Analysis and Prevention* 39, 995–1000.
- Dang, J. N. (2007). Statistical analysis of the effectiveness of Electronic Stability Control (ESC) Systems- Final report. NHTSA Technical report, DOT HS 810 794.
- Deery, H, Morris, A. P, Fildes, B., Newstead, S. (1999). Airbag technology in Australian Passenger cars: Preliminary results form real world crash investigations. *Journal of Crash Prevention and Injury Control* Vol. 1(2) pp.121-128
- Elvik R., Vaa, T. (2004). *The handbook of road safety measures*. Elsevier
- Farmer, C. M. (2004). Effect of Electronic Stability Control on Automobile Crash Risk. *Traffic Injury Prevention*, 5:317–325
- Hertz, E. (2000). *Analysis of the Crash Experiences of Vehicles Equipped with Antilock Braking Systems-A Second Update*. NHTSA Technical Report, DOT HS 809 144.
- Kahane, C. J. (1982). *An Evaluation of Head Restraints, Federal Motor Vehicle Safety Standard 202*. Report DOT-HS-806-108. U.S. Department of Transportation, Washington, DC.
- Krafft, M., Kullgren, A., Lie, A., Tingvall, C. (2006). *The Use of Seat Belts in Cars with Smart Seat Belt Reminders—Results of an Observational*

Study. *Traffic Injury Prevention*, 2006 7:125–129.

- Rudin-Brown, C. M., Parker, H. A. '(2004). Behavioural adaptation to adaptive cruise control (ACC): implications for preventive strategies, *Transportation Research Part F* 7, 59–76.
- Varhelyi, A., Maakinen, T. (2001). The effects of in-car speed limiters: field studies, *Transportation Research Part C* 9, pp 191-211
- Young, K. L., Regan, M. A., Triggs, T. J. Stephan, K., Mitsopoulos-Rubens, E., Tomasevic, N. (2008). Field operational test of a seatbelt reminder system: Effects on driver behaviour and acceptance, *Transportation Research Part F* 11, 434–444.
- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. *Informes Anuales*.

Páginas web de proyectos relacionados con la evaluación de la efectividad de los sistemas de seguridad:

- E-IMPACT (<http://www.eimpact.info/>)
- PREVENT (<http://www.prevent-ip.org/>)
- ASSESS (<http://www.assess-project.eu/>)
- E-VALUE (<http://www.evaluate-project.eu/>)
- EUROFOT (<http://www.eurofot-ip.eu/>)
- TRACE (<http://www.trace-project.org/>)

# 14. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE FURGONETAS.

Autores: Felipe Jiménez Alonso, Oscar Gómez Casado

## 14.1. PRINCIPALES RESULTADOS

- 14.1.1.- Consideraciones teóricas previas
- 14.1.1.1.- Velocidades límite de derrape y vuelco

Desde un punto de vista analítico, las furgonetas tienen mayor propensión, en general, a volcar que un turismo dado la relación entre la altura del centro de gravedad, que es más alta, y la vía. Este hecho se puede estudiar de una forma simplificada a partir de un modelo como el de la Figura 28 en el que se asume una suspensión infinitamente rígida en primera aproximación.

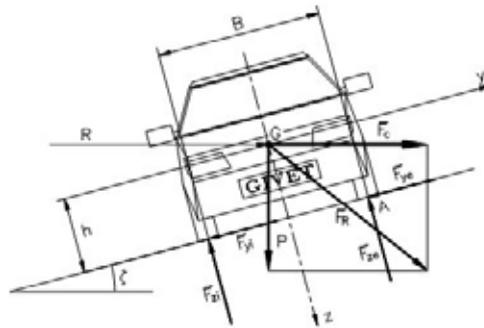


Figura 28. Modelo de vehículo para el estudio de las velocidad límite de derrape y vuelco

Cuando un vehículo describe una trayectoria curva, la fuerza centrífuga, actuando sobre su centro de gravedad, a una altura  $h$  desde la superficie de rodadura, origina un esfuerzo lateral, que debe ser compensado por las fuerzas de adherencia entre los neumáticos y el suelo, y un momento de vuelco. Al aumentar la velocidad, se incrementarán ambos efectos por lo que el vehículo puede perder su trayectoria, si la adherencia transversal es sobrepasada, o volcar, en ciertas condiciones.

La velocidad límite de derrape se calcula al igualar los esfuerzos según el eje  $Y$  del vehículo, es decir, cuando las fuerzas adherentes en los neumáticos no

son suficientes para compensar la componente de fuerza que tiende a sacar al vehículo de su trayectoria:

$$\mu_y (P \cos \zeta + F_c \operatorname{sen} \zeta) = -P \operatorname{sen} \zeta + F_c \cos \zeta$$

Despejando, se obtiene:

$$V_{\text{d}} = \sqrt{g \cdot R \frac{\mu_{y\max} + g(\zeta)}{1 - \mu_{y\max} \cdot g(\zeta)}}$$

Por otra parte, la condición límite de vuelco, puede expresarse geoméricamente en la figura anterior cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre el centro de gravedad del vehículo (P y  $F_c$ ), corta a la superficie de rodadura en el punto exterior de la huella de contacto del neumático exterior (considerando el diagrama plano de la figura, punto A), es decir:

$$\frac{F_y}{F_z} = \frac{F_c \cos \zeta - P \operatorname{sen} \zeta}{P \cos \zeta + F_c \operatorname{sen} \zeta} = \frac{B/2}{h}$$

Despejando, se obtiene:

$$V_{\text{v}} = \sqrt{g \cdot R \frac{B/2 \cdot h + g(\zeta)}{1 - B/2 \cdot h \cdot g(\zeta)}}$$

Comparando ambas velocidades límite, puede comprobarse que las expresiones son formalmente análogas, pudiéndose obtener una de la otra sin más que sustituir el coeficiente de adherencia por  $B/2h$ , o al contrario. Esto permite realizar el siguiente análisis:

$\mu_{y\max} = \frac{B}{2 \cdot h} ; V_{\text{d}} = V_{\text{v}}$	Teóricamente ambos fenómenos, derrape y vuelco, sobrevendrían para el mismo valor de la velocidad.
$\mu_{y\max} > \frac{B}{2 \cdot h} ; V_{\text{d}} > V_{\text{v}}$	El vehículo volcaría sin llegar a derrapar. Esta situación se presenta en vehículos cuyo centro de gravedad se encuentra a una altura elevada en relación con la vía, y siempre que la adherencia sea suficientemente alta.
$\mu_{y\max} < \frac{B}{2 \cdot h} ; V_{\text{v}} > V_{\text{d}}$	En estas condiciones el vehículo tenderá a derrapar antes que volcar.

De las consideraciones anteriores se comprueba la consideración inicial de que las furgonetas tienen mayor propensión, en general, a volcar que un turismo. Además, un aumento de la carga tiende a elevar el centro de gravedad sobre la configuración en vacío, con lo que la velocidad de vuelco será inferior.

Por otra parte, cabe indicarse que introducir una suspensión no infinitamente rígida tiende a disminuir el umbral de vuelco respecto a lo calculado con el modelo anterior, ya que el balanceo de la masa suspendida hace que el peso del vehículo, aplicado en el centro de gravedad, provoque un par adicional que favorece el vuelco.

- 14.1.1.2.- Comportamiento virador

Otro aspecto relevante es el estudio del comportamiento direccional de los vehículos, es decir, el estudio de su respuesta ante acciones de la dirección y otras que puedan modificar su trayectoria, así como de los principales parámetros o variables de control que influyen en dicho comportamiento.

Planteando un modelo de vehículo denominado “modelo de bicicleta” por tomar conjuntamente las dos ruedas de cada eje, que circula a velocidad constante  $v$  por una curva de radio constante  $R$ , se puede deducir la expresión siguiente que relaciona el ángulo de guiado de las ruedas con la velocidad, el radio y parámetros del vehículo:

$$\delta = \frac{L}{R} + \left( \frac{P_d}{K_{ad}} - \frac{P_t}{K_{at}} \right) \frac{V^2}{g \cdot R} = \frac{L}{R} + K_v \frac{V^2}{g \cdot l}$$

donde  $P_d$  y  $P_t$  son los pesos y  $K_{ad}$  y  $K_{at}$  son las rigideces de deriva de los ejes delantero y trasero, respectivamente.

$K_v$  es denominado coeficiente de viraje y su valor tiene una gran influencia en el comportamiento direccional del vehículo, que viene condicionado, en primer término, por su signo. De la ecuación anterior se deduce que el ángulo de dirección requerido para negociar una curva de radio constante variará con la velocidad, o será independiente de ella, en función del valor que adquiere  $K_v$ . Ello da lugar a respuestas diferentes que han sido denominadas como viraje neutro, subviraje y sobreviraje, con el siguiente criterio. Considerando  $R = \text{cte}$ :

Vehículo neutro	$K_v = 0$	$\delta = \frac{L}{R}$	$\delta$ independiente de $V$
V e h í c u l o subvirador	$K_v > 0$	$\delta = \frac{L}{R} + K_v \frac{V^2}{g \cdot R}$	$\delta$ crece al hacerlo $V$

Vehículo sobrevirador	$K_v < 0$	$\delta = \frac{L}{R} -  K_v  \frac{V^2}{g \cdot R}$	$\delta$ decrece al aumentar V
-----------------------	-----------	--	--------------------------------

Estos comportamientos se representan en la Figura 29.

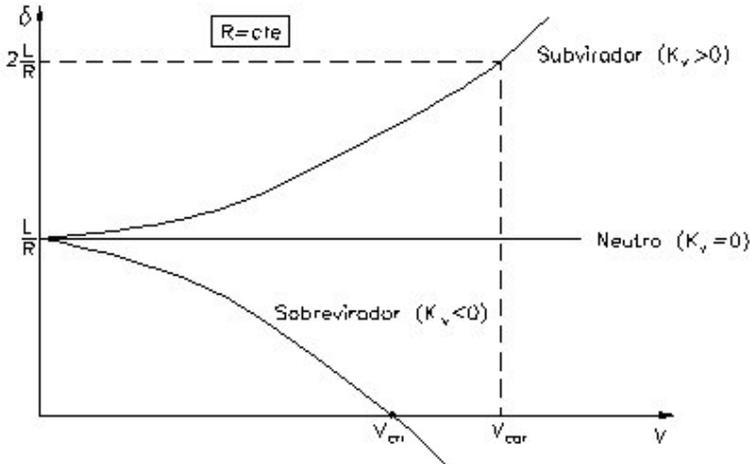


Figura 29. Variación del ángulo de dirección con la velocidad en vehículos neutros subviradores y sobreviradores, al describir una trayectoria de radio constante.

Así, por ejemplo, se puede estudiar que, aumentos en la carga sobre el eje trasero, a igualdad del resto de parámetros, tiende a disminuir el carácter subvirador y, por la tanto, a aumentar el sobrevirador.

- 14.1.2.- Enfoque experimental. Ensayos en pista

#### 14.1.2.1.- TIPOS DE VEHÍCULOS

En los ensayos se busca comprobar si existen diferencias significativas entre el comportamiento dinámico de los turismos y las furgonetas. Además, se compara el comportamiento de furgonetas pertenecientes a diferentes grupos, de los identificados en el proyecto. De esta forma, se en el proyecto se han sometido a diferentes ensayos, los siguientes vehículos:

Tabla 17. Vehículos ensayados

Modelo	Grupo FURGOSEG	MMA (kg)	Batalla (mm)	Fotografía
Iveco Daily (chasis – cabina)	2	3500	4050	
Iveco Daily (furgón)	3	3500	3300	
Mercedes Vito	3	2700	3000	
Peugeot Partner	4.2	2040	2728	
Peugeot 307	4.1	1755	2608	

En este sentido debe observarse que los turismos cubren también el grupo identificado como turismos van (subgrupo 4.1). Por otra parte, dada su baja representatividad en el parque de furgonetas, se obvia la realización de ensayos con vehículos del grupo 1 (pick-up).

#### 14.1.2.2.- ESTADOS DE CARGA

En los ensayos se busca comprobar si existen diferencias significativas en el comportamiento dinámico cuando la furgoneta está sometida a diferentes estados de carga. Para ello, se contempla la repetición de los ensayos con 3 estados de carga combinando pasajeros y carga, según el tipo de vehículo (orden de marcha, media carga, plena carga). Así, se han lastrado los vehículos tanto en la zona de pasajeros como de carga, empleándose bidones de agua de capacidad 25 y 70 litros, simulando éstos últimos la carga de un pasajero.

#### 14.1.2.3.- DEFINICIÓN DE LOS ENSAYOS DE FRENADO

El objetivo de estos ensayos es determinar la capacidad de frenada del vehículo en procesos de frenado severos. Para ello, se realizan ensayos de frenada en recta desde diferentes velocidades iniciales sobre pista llana.

Los ensayos se han realizado en la pista con la que cuenta el INSIA-UPM en sus instalaciones y que permite alcanzar velocidades de 70-80 km/h con seguridad. Las velocidades iniciales ensayadas, salvo excepciones prácticas, están comprendidas entre 30 y 80 km/h.

#### 14.1.2.4.- DEFINICIÓN DE LOS ENSAYOS PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO VIRADOR

El objetivo es determinar el comportamiento virador de los vehículos. Para ello, se plantean los siguientes ensayos:

- Ensayos a radio constante. Obtención de la curva entre el ángulo de ruedas y la velocidad para un radio fijo

Circulación sobre un radio conocido a diferentes velocidades estables y medida del giro de volante y la aceleración lateral

- Cálculo de la ganancia de aceleración lateral
- Cálculo de la ganancia de guiñada
- Cálculo de la ganancia de curvatura
- Ensayos a velocidad constante

Circulación a una velocidad constante con varios giros de volante y medida del ángulo de giro de volante y la aceleración lateral

- Ensayos con ángulo de volante constante

Circulación con un ángulo de giro de volante constante a diferentes velocidades y medida del radio de la trayectoria y la aceleración lateral

Los ensayos se han realizado en la pista con la que cuenta el INSIA-UPM en sus instalaciones. En dicha pista se encuentran marcadas circunferencias de diferentes radios que facilitan la realización de algunas de las maniobras anteriores (con independencia del seguimiento de dichas líneas durante los ensayos, se registrará la trayectoria descrita para comprobar que, en efecto, se ha tenido el radio buscado). Siendo de 25 metros, aproximadamente, el radio máximo que se puede describir, el radio elegido es de 20 metros (en alguna situación particular se prueban radios de 12,5 metros, aunque la necesidad de circular a velocidades excesivamente bajas dificulta su mantenimiento durante toda la prueba).

Tras la realización de algunas pruebas, se descarta la realización de ensayos de cambio de carril, adelantamiento o slalom, dada la baja repetibilidad de los resultados y la dificultad de mantener una velocidad constante a lo largo de todo el ensayo. Este tipo de maniobras es abordado en el enfoque teórico a través de simulación de la dinámica vehicular.

#### 14.1.2.5.- INSTRUMENTACIÓN

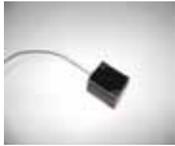
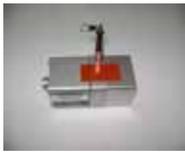
La muestra las variables a medir en los ensayos previamente definidos, así como las posibilidades de instrumentación. Los equipos de medida empleados se recogen en la Tabla 19.

Tabla 18. *Variables a medir*

<b>Variable a medir</b>	<b>Instrumentación</b>	<b>Observaciones</b>
Radio de la trayectoria	GPS	
Velocidad	Sensor de velocidad sin contacto	
	Bus CAN	Necesario interpretar la trama del bus (en los vehículos más antiguos no está disponible dicho bus y, en los nuevos, debe conocerse el protocolo para su interpretación)
Giro de volante	Bus CAN	Necesario interpretar la trama del bus (en los vehículos más antiguos no está disponible dicho bus y, en los nuevos, debe conocerse el protocolo para su interpretación)

	Sensor de hilo	Necesario acoplamiento específico en cada vehículo y se requiere una calibración para correlacionar el arrollamiento del hilo en la columna con el ángulo girado por el volante. Para obtener la transformación a giro en ruedas, es necesaria la calibración oportuna.
	Sensor de giro de ruedas	Necesario acoplamiento específico en cada vehículo (en el caso de vehículos industriales, la gran diversidad de tamaños de ruedas puede complicar su adaptación a cualquier vehículo)
Aceleración longitudinal	Giróscopo	Dificultad de montaje en varios vehículos, aunque permite la obtención de varias variables requeridas con un único equipo.
	Acelerómetro	Equipo más compacto y fácil de montar que el giróscopo
	A partir de la medida de la velocidad	Al derivar la señal de la velocidad es posible que se obtenga una señal con un alto nivel de ruido, aunque la señal original de velocidad no lo tenga.
Aceleración lateral	Giróscopo	Dificultad de montaje en varios vehículos, aunque permite la obtención de varias variables requeridas con un único equipo.
	Acelerómetro	Equipo más compacto y fácil de montar que el giróscopo
	A partir de la medida de la velocidad y el radio de la trayectoria	El cálculo puede ser fiable en condiciones de circular en una circunferencia de forma estacionaria.
Velocidad de guiñada	Giróscopo	Dificultad de montaje en varios vehículos
	A partir de la medida de la velocidad y el radio de la trayectoria	El cálculo puede ser fiable en condiciones de circular en una circunferencia de forma estacionaria.

Tabla 19. Instrumentación

 <p>Sensor de velocidad sin contacto L-CE Correvit</p>	 <p>Plataforma giroscópica RMS FES 33</p>	 <p>Sensor de giro de dirección de las ruedas RV4</p>
 <p>Receptor GPS ASTECH modelo G-12</p>	 <p>Acelerómetro Sensorex 4610</p>	 <p>Sensor de hilo ASM</p>
 <p>Tarjeta de adquisición DAQCard-700 de National Instruments</p>	 <p>Tarjeta de adquisición Advantech USB-4711A</p>	 <p>Convertor de Bus Can Vector CANcaseXL</p>

De la Tabla 19, se pueden destacar algunos aspectos. En concreto, dada la dificultad de montaje del giróscopo en diferentes vehículos de forma rápida al requerir utillajes específicos y puntos de anclaje, se plantea obtener las medidas proporcionadas por éste (aceleraciones longitudinal y lateral y velocidad de guiñada) de forma indirecta a partir de la velocidad y el radio. En un ensayo realizado sobre una trayectoria de radio fijo y conocido se ha medido la aceleración lateral, la velocidad de guiñada y la velocidad del vehículo. Los resultados muestran que la correspondencia es bastante buena, tomando como referencia de medida más precisa la que proporciona la plataforma giroscópica. Por ello, se considera válida la medida indirecta de las variables para los fines perseguidos.

Por otra parte, el extraer la información del bus de comunicaciones del vehículo requiere del conocimiento del protocolo de éste o, al menos, de los identificadores de las variables que se pretenden analizar. Si bien de algunos vehículos las señales requeridas son conocidas, en otros no ocurre así, con lo que se realizará la instrumentación con sensores externos (sensor de hilo en la dirección o sensor en la rueda). Esta solución de sensores externos también debe emplearse en vehículos que, por su antigüedad, no cuenten con el bus de comunicaciones.

#### 14.1.2.6.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FRENADO

La Tabla 20 muestra los resultados de los ensayos de frenada en las diferentes furgonetas y en los 3 estados de carga. Tomado la configuración de orden de marcha como referencia, se comparan los demás resultados.

Tabla 20. Resultados de los ensayos de frenado

Pesos			Ensayo de frenada	
Eje delantero	Eje trasero	Total	Deceleración (m/s <sup>2</sup> )	
			Con ABS	Sin ABS
<b>Vehículo IVECO DAILY CHASIS CABINA</b>				
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>2</b>	
1535	1375	2910	8,5	6,82
1485	2165	3650	8,43	6,72
1520	2790	4310	7,81	
<b>Vehículo IVECO DAILY FURGÓN</b>				
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>3 (subgrupo 1)</b>	
1330	1020	2350	9,34	
1325	1740	3065	9,02	
1405	2410	3815	8,8	
<b>Vehículo MERCEDES VITO</b>				
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>3 (subgrupo 1)</b>	
1240	875	2115		6,08
1285	1015	2300		6,05
1385	1565	2950		5,68
<b>Vehículo PEUGEOT PARTNER</b>				
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>4 (subgrupo 2)</b>	
915	660	1575	9,1	
1020	925	1945	8,98	
1045	1200	2245	9,09	
<b>Vehículo PEUGEOT 307</b>				
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>4 (subgrupo 1)</b>	
850	550	1400	8,67	
915	655	1570	8,81	
1010	785	1795	8,01	

El análisis anterior muestra que las mayores reducciones en la capacidad de frenado se producen cuando se incurren en sobrecargas, detectándose, en general, sólo pequeñas variaciones de dicha capacidad cuando el incremento

de la carga es moderado.

Por otra parte, debe reflejarse la importante caída en la capacidad de frenado que se produce si el vehículo no dispone de ABS, aunque, aún en estos casos, la evolución con la carga es semejante a la que se presentaba en los vehículos con ABS.

Por último, cabe indicar que las posibilidades de sobrecargar una furgoneta son, en general, mayores que un turismo, dada la concepción de su espacio de carga. Esto hace que las situaciones de carga alta, que conllevan las reducciones de capacidad de frenado más significativas, se puedan producir con más frecuencia en el uso de estos vehículos.

#### 1.4.1.2.7.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PARA EL ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO VIRADOR

Como parámetro para comparar el comportamiento virador, se ha escogido el coeficiente de viraje  $K_v$ . Para su determinación, se ha realizado el ajuste por mínimos cuadrados de los coeficientes de un polinomio de segundo grado sin término lineal. Con el valor de  $K_v$  calculado se ha procedido después a comprobar la coherencia de otros resultados como la ganancia de aceleración lateral, de velocidad de guiñada y de curvatura. Las figuras siguientes muestran algunos ejemplos del ajuste realizado. La muestra los resultados alcanzados para los diferentes vehículos ensayados.

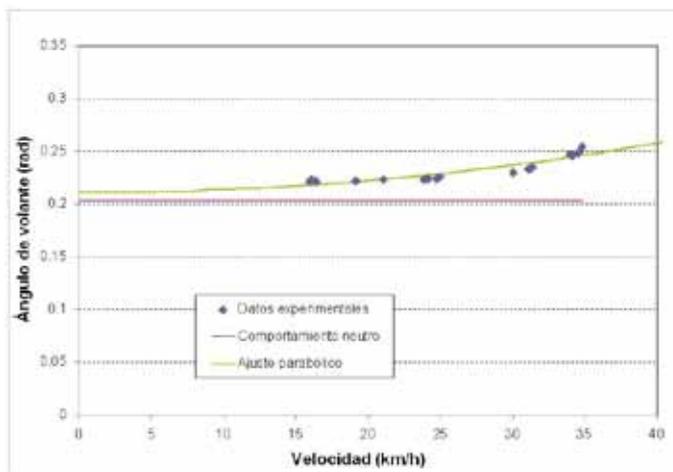


Figura 30. Ajuste del coeficiente de viraje a los datos experimentales

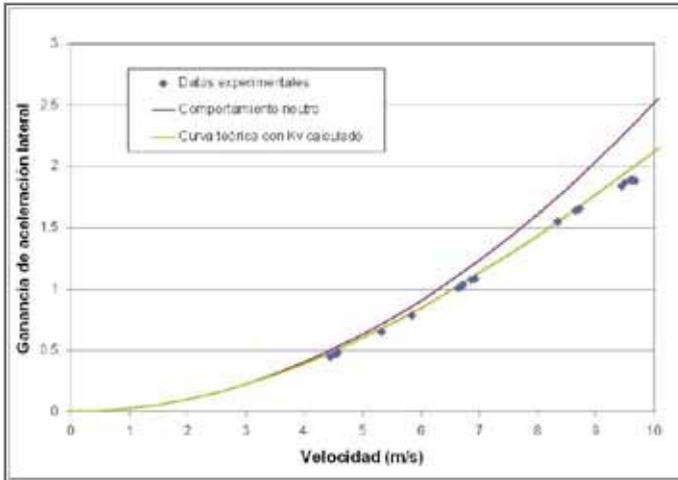


Figura 31. Comparación de la ganancia de aceleración lateral medida experimentalmente y calculada a partir del Kv ajustado

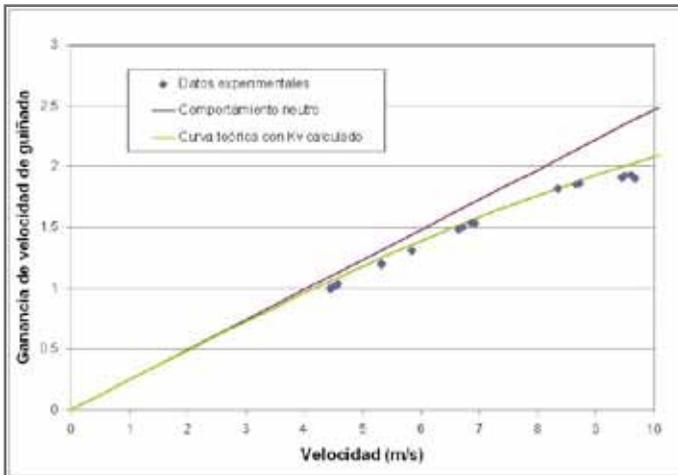


Figura 32. Comparación de la ganancia de velocidad de guiñada medida experimentalmente y calculada a partir del Kv ajustado

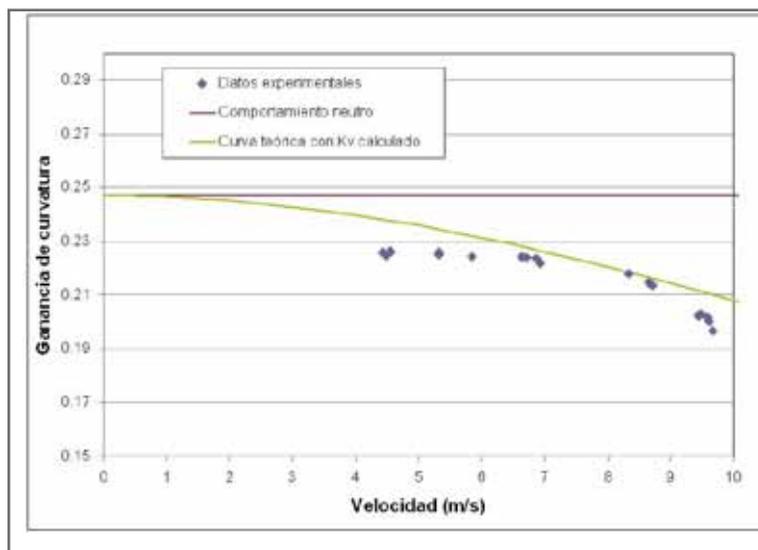


Figura 33. Comparación de la ganancia de curvatura medida experimentalmente y calculada a partir del Kv ajustado

Tabla 21. Resultados del coeficiente de viraje ajustado a partir de los datos experimentales

Pesos			Ensayo de giro de volante
Eje delantero	Eje trasero	Total	Kv
<b>Vehículo IVECO DAILY CHASIS CABINA</b>			
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>2</b>
1535	1375	2910	0,0746
1485	2165	3650	0,1088
1520	2790	4310	0,0784
<b>Vehículo IVECO DAILY FURGÓN</b>			
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>3.1</b>
1330	1020	2350	0,0173
1325	1740	3065	0,0185
1405	2410	3815	0,0108
<b>Vehículo MERCEDES VITO</b>			
<b>Categoría FURGOSEG</b>			<b>3.1</b>
1240	875	2115	0,129
1285	1015	2300	0,1386
1385	1565	2950	0,1716

Vehículo PEUGEOT PARTNER			
Categoría FURGOSEG			4.2
915	660	1575	0,0754
1020	925	1945	0,0804
1045	1200	2245	0,073
Vehículo PEUGEOT 307			
Categoría FURGOSEG			4.1
850	550	1400	0,0541
915	655	1570	0,0606
1010	785	1795	0,0704

Los resultados experimentales han proporcionado buenos ajustes en el caso de ensayos a radio constante, aunque existe una mayor dispersión en los ensayos a velocidad o giro constantes. Atendiendo a los datos de Kv ajustados, cabe indicar que no se pueden obtener patrones concluyentes, ni en cuanto a la influencia de la carga ni al tipo de vehículo. Así, el turismo (categoría 4.1) aumenta su comportamiento subvirador al cargarlo más mientras que, otros vehículos tienen un comportamiento diferente y difícil de justificar. Este hecho, junto a la no repetitividad de algunas maniobras, motiva el empleo de programas de simulación de la dinámica vehicular.

- 14.1.3.- Enfoque teórico: simulación

En las maniobras de radio constante, con radio 20 metros, idéntico al de los ensayos, se han considerado velocidades comprendidas entre 10 y 40 km/h, lo que proporciona aceleraciones laterales comprendidas entre 0,4 y 6,5 m/s<sup>2</sup>. Realizando el ajuste por mínimos cuadrados de los resultados obtenidos igual que se realizó con los datos experimentales, se ha obtenido el coeficiente de viraje para los tres estados de carga. La Tabla 22 muestra los resultados. Como se puede apreciar, las diferencias son reducidas entre un estado de carga y otro, el vehículo en todos ellos es subvirador y la tendencia al aumentar la carga sobre el eje trasero es a hacerlo ligeramente menos subvirador, como era esperable desde un punto de vista teórico.

Tabla 22. Resultados de las simulaciones para la determinación del comportamiento virador

Pesos			Ensayo de giro de volante
Eje delantero	Eje trasero	Total	kv
Vehículo LARGE EUROPEAN VAN			
Categoría FURGOSEG			2
1535	1375	2910	0,0177
1485	2165	3650	0,0168
1520	2790	4310	0,01677

Por otra parte, en la maniobra senoidal, uno de los parámetros más relevantes es la velocidad de guiñada variable que tiene en cuenta, por ejemplo el ESP, para su actuación en caso de que el vehículo disponga de él. Así, se ha analizado la evolución de esta variable con los tres estados de carga y a varias velocidades. Los resultados se muestran en la Tabla 23. Como se puede apreciar, el efecto de la carga a bajas velocidades no es significativo. Sin embargo, ese efecto sí es más apreciable en el caso de realizar la maniobra a mayores velocidades, donde se observa que la velocidad de guiñada crece según se aumenta la carga.

Tabla 23. Resultados de las simulaciones ante una entrada de volante senoidal

Pesos			Ensayo de giro de volante		
Eje delantero	Eje trasero	Total	Velocidad de guiñada ( $^{\circ}/s$ )		
			V = 40 km/h	V = 70 km/h	V = 100 km/h
Vehículo LARGE EUROPEAN VAN					
Categoría FURGOSEG			2		
1535	1375	2910	9,55	14,8	18,6
1485	2165	3650	9,53	15,12	19,58
1520	2790	4310	9,5	15,16	19,93

## 14.2. CONCLUSIONES.

En primer lugar, cabe indicar que los ensayos se han realizado sobre una muestra reducida de vehículos, lo cual limita la posibilidad de extrapolar resultados aunque se aprecian algunas tendencias en ellos. Por otra parte, se han desarrollado sólo maniobras en las que pudiese alcanzar una buena repetibilidad y en condiciones de seguridad. Sin embargo, sí se han podido extraer algunas conclusiones:

- El efecto de la carga penaliza la capacidad de frenado sobre todo cuando se trata de situaciones de sobrecarga. En este sentido, las furgonetas son vehículos más propensos a sufrir fuertes variaciones de carga frente a los turismos.
- La actuación del ABS mejora significativamente los resultados frente a la situación en la que el vehículo no esté dotado del sistema.
- No se ha encontrado una tendencia clara en cuanto al comportamiento virador al modificar la carga.

Con el fin de complementar los ensayos anteriores, se han desarrollado simulaciones con un programa que reproduce la dinámica vehicular. En concreto, se ha analizado el comportamiento virador con maniobras semejantes a las

planteadas en los ensayos en pista, dado que éstos no ofrecieron resultados concluyentes, y se han llevado a cabo maniobras de cambio de carril, con objeto de simular el inicio de una hipotética pérdida de control. Se han obtenido las siguientes conclusiones:

- El aumento de la carga reduce ligeramente el carácter subvirador del vehículo, aunque no de una forma relevante.
- A velocidades altas, la velocidad de guiñada registrada en una maniobra de cambio de carril aumenta si aumenta la carga.

En resumen, los resultados obtenidos muestran diferencias en el comportamiento en frenado y direccional de los vehículos cuando se modifica la carga, sobre todo, cuando esta variación es importante. Esto apoya la consideración de una amplia mayoría de conductores de que los vehículos se comportan de forma diferente en vacío o cargados. Por otra parte, los ensayos realizados no permiten diferenciar de forma concluyente el comportamiento diferente entre turismos y furgonetas, si bien algunas características de éstas, como su centro de gravedad más elevado, permiten justificar esta percepción de los conductores.

### 14.3. REFERENCIAS

- Aparicio, F., Vera, C., Díaz, V. (2001). Teoría de los vehículos automóviles. Ed. Sección de Publicaciones de la ETSI Industriales de la UPM
- Genta, G. (1997). Motor vehicle dynamics: modeling and simulation. Editorial: World Scientific Publishing
- Gillespie, T. D. (1992). Fundamentals of vehicle dynamics. Ed. Society of Automotive Engineers
- Luque, P., Álvarez, D., Vera, C. (2004). Ingeniería del automóvil: sistemas y comportamiento dinámico. Ed. Thomson Paraninfo, S.A.
- Milliken, W. F., Milliken, D. L. (1995). Race Car Vehicle Dynamics. Ed. Society of Automotive Engineers.
- Wong, J. Y. (2001). Theory of ground vehicles. Ed. John Wiley & Sons
- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

## 15. COSTES DE LOS ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS

Autores: Arturo Furones Crespo

### 15.1. PRINCIPALES RESULTADOS

Los principales resultados de la estimación de los costes que supusieron los accidentes con víctimas con implicación de furgonetas en España en el año 2008 se muestran en la siguiente tabla (Figura 34). La estimación de los costes humanos en el supuesto 1 se lleva a cabo mediante la aplicación del método de las indemnizaciones, mientras que en el supuesto 2 se utiliza el método de disposición al pago (valor de una vida estadística).

ELEMENTO DEL COSTE	Valor (Miles de €)
COSTES HOSPITALARIOS	31850,6
COSTES DE REHABILITACIÓN NO MÉDICA	10959,3
PÉRDIDAS NETAS DE PRODUCCIÓN	88750,05
COSTES HUMANOS SUPUESTO 1	80726,3
COSTES HUMANOS SUPUESTO 2	457600
COSTES MATERIALES	23670
<b>TOTAL SUPUESTO 1</b>	<b>235956,25</b>
<b>TOTAL SUPUESTO 2</b>	<b>612829,95</b>

Figura 34. Costes de los accidentes con víctimas con implicación de furgonetas en España en el año 2008.

Adicionalmente se han estimado también los costes que supusieron la totalidad de accidentes con víctimas en España en el año 2008. De los resultados obtenidos se desprende que los costes que supusieron los accidentes con víctimas con implicación de furgonetas en 2008 representaron el 11,4% de los costes totales, empleando cualquiera de los métodos de valoración de los costes humanos.

La distribución de los costes de los accidentes con víctimas con implicación de furgonetas en España (año 2008), respecto a sus elementos constitutivos, se presenta en la Figura 35.

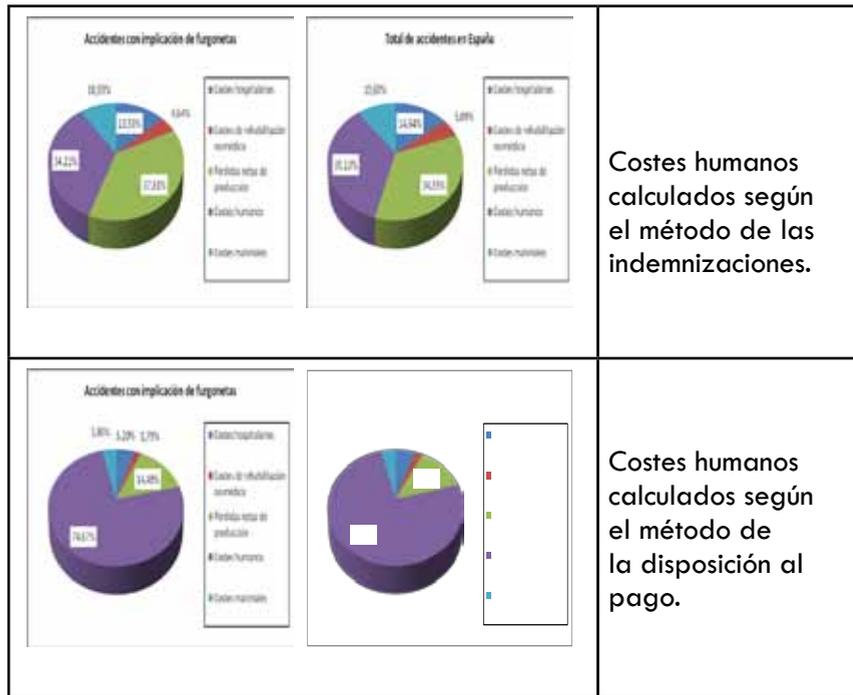


Figura 35. Distribución de los costes de los accidentes con víctimas con implicación de furgonetas en España en el año 2008, respecto a sus elementos constitutivos.

Los accidentes con víctimas en España supusieron, en el año 2008, el 0,2% del PIB según el método de indemnizaciones para la valoración de los costes humanos, y el 0,5% valorando por el método de disposición al pago. Los porcentajes correspondientes para los costes de la accidentalidad de furgonetas (en accidentes con víctimas) son el 0,02% y 0,06% del PIB, respectivamente.

	Coste (€) por accidente	
	Método de las indemnizaciones	Método de disposición al pago
<b>Accidentes con implicación de furgonetas</b>	<b>25377</b>	<b>65910</b>
<b>Total de accidentes en España</b>	<b>22283</b>	<b>57700</b>

Figura 36. Costes unitarios por accidente, de los accidentes con víctimas totales y con implicación de furgonetas en España en el año 2008.

## 15.2. CONCLUSIONES.

- El proceso de estimación de los costes de la accidentalidad presenta numerosas dificultades, entre las que se encuentran la falta de información y datos fiables necesarios para el cálculo, la complejidad en el cómputo de ciertos elementos de coste, la necesidad de emplear tasas de actualización futuras que necesariamente deberán ser estimadas, etc.
- Los costes por víctima son aquellos imputables directamente a las víctimas de los accidentes (costes médicos, de rehabilitación no médica, las pérdidas de productividad y los costes humanos, principalmente), y los costes por accidente son aquellos que no se pueden asociar a cada una de las víctimas (costes de daños materiales en el caso que nos ocupa). Como ya se ha comentado, existen otros costes dentro de estos grupos que no han sido estudiados pues representan, en relación al resto, valores bajos y de difícil cuantificación.
- Han sido empleadas múltiples fuentes de información para la estimación de costes, provenientes tanto de la DGT como de diversos organismos públicos y privados y compañías de seguros.
- Se ha procedido a efectuar la estimación de costes de los accidentes con víctimas y con implicación de furgonetas para el año 2008. También se han estimado los costes que importan todos los accidentes de tráfico con víctimas en el mismo año de referencia.
- La estimación arroja los siguientes resultados: los accidentes con víctimas con implicación de furgonetas suponen 236,0 millones de € según el método de indemnizaciones, y 612,8 millones de € según el método de disposición al pago. Las cifras respectivas para la totalidad de accidentes con víctimas en España es de 2075,9 y 5375,4 millones de €.
- De las cifras anteriores se deduce que los accidentes con víctimas con furgonetas implicadas suponen el 11,4% de los costes totales.
- Son los costes humanos los que mayor peso tienen en el total, aunque de manera mucho más importante cuando se valoran según el método de disposición al pago (valor de una vida estadística).
- De media, el coste por accidente es de 25.377 € y 65.910 € para los accidentes con implicación de furgonetas (dependiendo del método de valoración utilizado para los costes humanos), y de 22.283 € y 57.700 € en la totalidad de accidentes con víctimas en España, los anteriores valores medios suponen que los costes por accidente con implicación de furgonetas son, aproximadamente, un 14% superiores a los del conjunto de los accidentes en los que predominan los de turismos implicados.

## 16. INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD DE FURGONETAS.

Autores: Blanca Arenas Ramírez, Arturo Furones Crespo, Javier Páez Ayuso, Francisco Aparicio Izquierdo.

Para medir el grado o nivel de actividad del transporte, la medida más utilizada es la movilidad, medida en tn.km o veh.km, esta última, considerada un buen indicador de exposición, cuando se utiliza en el campo de la seguridad vial; es una medida de los kilómetros recorridos por todos los vehículos del parque considerado en la red vial considerada, en nuestro caso, el parque de furgonetas y la red de carreteras españolas. El ratio entre accidentes y movilidad o de forma más extendida entre los accidentes y alguna de las medidas de exposición, se denomina Indicador de riesgo y es de uso muy extendido para analizar los niveles de la seguridad vial y establecer comparaciones entre países u otros ámbitos de interés.

Un estimador muy adecuado del riesgo de accidente para vehículos con distintas características, es el número de vehículos implicados en accidentes por unidad de exposición del conjunto de dichos vehículos. La unidad de exposición debería ser el número de kilómetros recorridos por cada categoría de vehículos considerando, a su vez, otros factores de influencia, pero, en la práctica, son imposibles de obtener de forma desagregada por tipo de vehículos, de conductores, de vías, de entorno, etc.

En general, esta información no está disponible y se opta por calcular un indicador global de accidentalidad considerando valores agregados del número total de accidentes y del número total estimado de kilómetros recorridos por los vehículos a partir de, por ejemplo, las estimaciones de tráfico de los aforos medidos en la red de carreteras.

Un indicador derivado de dichos datos agregados es:

$$I_a = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes con implicación de vehículos automóviles (de cualquier tipo)}}{N^{\circ} \text{ de vehículos - kilómetro del conjunto del parque}}$$

Es un indicador de riesgo de accidente entendido como la probabilidad de sufrir un accidente por cada kilómetro recorrido por los vehículos.

También se pueden definir indicadores de riesgo de lesión (según el tipo de víctima) como:

Es un indicador de riesgo de lesión entendido como la probabilidad de sufrir una lesión por accidente de tráfico por cada kilómetro recorrido por los vehículos.

## 16.1. PROPUESTA DE INDICADORES

En relación con el objetivo de seguimiento de la evolución de los accidentes con furgonetas implicadas del proyecto, se propone un conjunto de indicadores de seguimiento de 3 tipos, seleccionados con un criterios de viabilidad y eficiencia, de manera que proporcione información necesaria y suficiente para un seguimiento eficaz del fenómeno, con una cantidad de recursos lo más reducida posible.

- Indicadores de accidentes : (los mismos indicadores se obtienen para turismo y camiones pesados)

$$I_1 = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes con implicación furgonetas}}{N^{\circ} \text{ vehículos} - \text{kilómetro}}$$

$$I_2 = \frac{N^{\circ} \text{ furgonetas implicadas accidentes}}{N^{\circ} \text{ vehículos} - \text{kilómetro}}$$

$$I_3 = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes con implicación furgonetas}}{N^{\circ} \text{ furgonetas parque} (* 1.000.000)}$$

$$I_4 = \frac{N^{\circ} \text{ furgonetas implicadas accidentes}}{N^{\circ} \text{ furgonetas parque} (* 1.000.000)}$$

Se propone como unidad de parque el millón de vehículos, por ser comúnmente utilizada en los índices que se ofrecen a nivel europeo.

- Indicadores de víctimas en accidentes.

$$I_6 = \frac{\text{N}^\circ \text{ d } \text{MHG} \text{ a } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{N}^\circ \text{ d } \text{vehículos} - \text{kilómetro recorridos por las furgonetas del parque}}$$

$$I_7 = \frac{\text{N}^\circ \text{ d } \text{muertos} \text{ a } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{N}^\circ \text{ d } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}$$

$$I_8 = \frac{\text{N}^\circ \text{ d } \text{MHG} \text{ a } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{N}^\circ \text{ d } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}$$

$$I_9 = \frac{\text{N}^\circ \text{ d } \text{muertos} \text{ a } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{N}^\circ \text{ d } \text{ furgonetas del parque} * (1.000.000)}$$

$$I_{10} = \frac{\text{N}^\circ \text{ d } \text{MHG} \text{ a } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{N}^\circ \text{ d } \text{ furgonetas del parque} * (1.000.000)}$$

$$I_{11} = \frac{\text{N}^\circ \text{ d } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{N}^\circ \text{ d } \text{accidentes totales}}$$

- Indicadores relacionados con los costes

$$I_2 = \frac{\text{Costes} \text{ a } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{PIB}}$$

$$I_3 = \frac{\text{Costes} \text{ a } \text{accidentes con implicación d } \text{ furgonetas}}{\text{Costes} \text{ a } \text{accidentes totales}}$$

- Los indicadores de coste de los accidentes totales y con implicación de furgonetas se han calculado para el año 2008.

## 16.2. CONSIDERACIONES SOBRE MOVILIDAD Y PARQUE

La propuesta de indicadores que se eleva en este proyecto, considera como exposición dos medidas: los kilómetros recorridos por las furgonetas, turismos y camiones, y el parque de vehículos correspondiente a cada tipo de vehículo elegido; los indicadores de turismos y camiones sirven de referencia de los indicadores calculados. La movilidad de ligeros y camiones es publicada por el Ministerio de Fomento en el Anuario Los Transportes y los Servicios Postales del año 2009. Estos valores están referidos a la red de carreteras gestionadas por del Estado, CC.AA. y Diputaciones y que a 31-XII 2009 suman 165.416 km. No se incluye el tráfico por la red de carreteras interurbanas gestionadas por los Ayuntamientos (361.192 km) que según estimaciones puede ser el 2,5% del tráfico total.

Para adoptar un valor de la movilidad interurbana de turismos, debe recurrirse a la estimación del porcentaje del tráfico total que representan los turismos. Por ejemplo, en el Barómetro de Movilidad y Emisiones del parque de automoción realizado por FITSA en el año 2006, los turismos representan el 78% de los kilómetros recorridos en vías interurbanas mientras que los camiones el 12% y las furgonetas el 8%. Otra referencia a considerar es el proyecto SETISMO realizado por el equipo investigador del INSIA, en el que se realizaron estimaciones de movilidad del parque español hasta el año 2010. Para los camiones pesados se estimó un kilometraje medio, de 50.644 km. Con los datos publicados (citar fuente y si es cifra directa o calculada) y con los del parque, se obtienen valores de recorridos medios para turismos de 7.400 y para camiones de 13.700 kilómetros al año. El recorrido medio por vehículo pesado alcanza los 11.500 km en 2009. En 2004 esta cifra era de 14.000 km.

Estos valores son bajos a criterio del equipo investigador, ya que un camión recorre de media al año en torno a los 57.000 km, de los cuales 35.000 se realizan en trayectos interurbanos, según el Barómetro de Movilidad y Emisiones 2006.

El Observatorio de Transporte de Mercancías por Carretera que recoge la actividad del transporte mediante camiones pesados, indica un recorrido medio anual en torno a 95.000 kilómetros, basando el dato en los kilómetros medios mensuales recorrido por los vehículos a los que se les inspeccionó el disco tacógrafo durante algún mes del año 2011. Como puede apreciarse las diferencias son ostensibles y afectarán en gran medida a los ratios que con estos valores se calculen.

En relación al parque de furgonetas debe puntualizarse que el parque de este proyecto calculado por el IEA, difiere del valor oficial de parque de la DGT. Las diferencias se explican en el criterio constructivo de los vehículos que en la definición de furgoneta se han tenido en cuenta en el proyecto

## FURGOSEG.

Por otra parte, en relación al parque de camiones, el Anuario Estadístico General de la DGT publica la evolución por años del parque de vehículos por tipos en dos grupos: parque de tractores industriales, y parque de camiones y furgonetas, es decir, los camiones de más y de menos de 3.500 kg de masa máxima autorizada y las furgonetas. Desde el año 2005 en el Anuario Estadístico se publica el parque de camiones y furgonetas según carga máxima autorizada. Estos datos, por tanto, no permiten obtener de forma precisa el número de camiones de más de 3500 kg de MMA, el cual debe ser estimado por la sustracción del valor oficial del parque de furgonetas determinado en el proyecto FURGOSEG.

Como se ha mencionado previamente, la consecuencia directa es que los índices que se obtengan varían según el tamaño de parque que se considere y, por tanto, la comparación entre los 3 tipos propuestos puede estar distorsionado y el lector debe interpretar estas cifras desde una posición crítica.

Por lo expuesto, hay un único valor al que este equipo otorga mayor nivel de confianza y es el de la movilidad de furgonetas que se ha calculado con metodología estadística rigurosa, como parte de los objetivos del proyecto, para la que se adopta el valor estimado para el año 2009 en base a la distancia media recorrida que resulta de una cifra en torno a 27.000 km al año. La elevación de este recorrido al parque de furgonetas determinado por el IEA, conduce a una cifra en torno a los 82.000 millones de vehículo kilómetro en el año 2009.

### 16.3. PRINCIPALES RESULTADOS

Los indicadores propuestos se han calculado también para los turismos y camiones pesados para el análisis comparativo, aunque debe tenerse en cuenta lo indicado en el párrafo anterior en relación a los datos de movilidad y parque. En la consideración de los ratios, se debe tener en consideración las discrepancias sobre la movilidad de pesados según la fuente de datos que se considere y los criterios adoptados por el equipo investigador en este proyecto.

Los indicadores que usan la movilidad se establecen para el año 2009, que es el año para el que se ha podido determinar la misma para el grupo furgoneta y para los 4 tipos de furgonetas definidos en este proyecto. La movilidad utilizada para los indicadores propuestos para los turismos se ha obtenido del Anuario estadístico del Ministerio de Fomento y para la de camiones pesados se ha adoptado la del Observatorio de Transporte de Mercancías por Carretera.

Los indicadores que dependen del parque de furgonetas se han calculado con el parque obtenido mediante un trabajo desarrollado por el equipo investigador. En relación a la obtención del parque de camiones pesados, se ha obtenido por diferencia entre el dato de parque de “camiones y furgonetas” DGT y el de furgonetas del proyecto FURGOSEG. El parque de turismos es el oficial de la DGT.

Los indicadores de coste de los accidentes totales y con implicación de furgonetas se han calculado para el año 2008.

### Resumen de indicadores de la seguridad vial de furgonetas. Una comparativa con turismos y camiones pesados. Año 2009

(\* Modelos de costes 2008)

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_1 = \text{N}^\circ$ accidentes con implicación de tipo de vehículo/ $\text{N}^\circ$ vehículos-km	0,12	0,32	0,12

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_2 = \text{N}^\circ$ de tipo de vehículo en accidentes/ $\text{N}^\circ$ vehículos-km	0,13	0,45	0,13

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_3 = \text{N}^\circ$ de accidentes / Millón de vehículos del parque (del tipo correspondiente)	3296	3169	1293

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_4 = \text{N}^\circ$ de vehículos en accidentes / Millón de vehículos del parque (del tipo correspondiente)	3522	4508	1401

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_5 = \text{N}^\circ$ accidentes según tipo de vehículo/ $\text{N}^\circ$ total de accidentes de tráfico con turismo-furgoneta-camión pesado (no se corresponde con definición)	0,11	0,79	0,04

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_6 = \text{N}^\circ$ muertos en accidentes según tipo de vehículo/ $\text{N}^\circ$ veh-km	0,005	0,009	0,012

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_7 = \text{N}^\circ$ muertos + heridos graves en accidentes según tipo de vehículo/ $\text{N}^\circ$ veh-km	0,03	0,06	0,04

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_8 = \text{N}^\circ$ muertos en accidentes según tipo de vehículo/ $\text{N}^\circ$ total de accidentes según tipo de vehículo	0,04	0,03	0,10

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_9 = \text{N}^\circ$ muertos + heridos graves en accidentes según tipo de vehículo/ $\text{N}^\circ$ total de accidentes según tipo de vehículo	0,21	0,18	0,33

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_{10}$ = N° muertos en accidentes según tipo de vehículo/ Millón de vehículos del parque (de cada tipo)	126	88	131

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_{11}$ = N° muertos y heridos graves en accidentes según tipo de vehículo/ Millón de vehículos del parque (de cada tipo)	687	557	427

	Furgonetas	Turismos	Camiones pesados
$I_{12}$ = N° muertos en accidentes según tipo de vehículo/ N° total de accidentes	0,004	0,022	0,004

Furgonetas. Año 2008		
$I_{13}$ = Costes de accidentes de furgonetas/ PIB	Método de valoración de los costes humanos (de las indemnizaciones)	0,021%
	Método de disposición al pago	0,056%

Furgonetas. Año 2008		
$I_{14}$ = Costes de accidentes de furgonetas/ Costes de accidentes totales	Método de valoración de los costes humanos (de las indemnizaciones)	11,37%
	Método de disposición al pago	11,40%

En los Indicadores  $I_1$  = N° accidentes con implicación de tipo de vehículo/ N° vehículos-km e  $I_2$ ; = N° de tipo de vehículo en accidentes/ N° vehículos-km, furgonetas y camiones muestran niveles similares y más bajos que el

correspondiente a turismos. Para un mismo nivel de exposición, los turismos tienen un riesgo de estar implicado en un accidente entre 3 y 4 veces mayor que una furgoneta o un camión pesado.

En el indicador  $I_3 = \text{N}^\circ \text{ de accidentes} / \text{Millón de vehículos del parque (de cada tipo)}$ , las furgonetas superan en un 4% el ratio de turismos. Este ratio resulta claramente favorable al camión pesado.

En el indicador  $I_4 = \text{N}^\circ \text{ de vehículos en accidentes} / \text{Millón de vehículos del parque (de cada tipo)}$ , los turismos superan a las furgonetas y el ratio resulta claramente favorable al camión pesado.

El indicador  $I_5 = \text{N}^\circ \text{ accidentes según tipo de vehículo} / \text{N}^\circ \text{ total de accidentes de tráfico con turismo-furgoneta-camión pesado}$  es claramente desfavorable para los turismos, lo cual es debido al mayor parque de este tipo de vehículos.

El indicador  $I_6 = \text{N}^\circ \text{ muertos en accidentes con tipo de vehículo} / \text{N}^\circ \text{ veh-km}$  es claramente desfavorable para los camiones pesados y favorable para las furgonetas, el valor obtenido para estos últimos vehículos puede explicarse por el gran número de km. que realizan en entornos urbanos, en tareas de distribución. En la consideración de este ratio, se debe tener en consideración las discrepancias mencionadas sobre la movilidad de pesado arriba expresadas. Este indicador se compara con los datos análogos del proyecto IMPROVER a nivel europeo para vehículos ligeros de transporte de mercancías, que solo se puede obtener para el año 2000, en el que este indicador alcanzó la cifra de 0,015 en la UE-25, 3 veces superior al determinado para España en 2009, lo cual, por puede estar justificado por la mejora global de la seguridad vial producida en España durante los últimos 10 años.

El indicador  $I_7 = \text{N}^\circ \text{ muertos y heridos graves en accidentes con tipo de vehículo} / \text{N}^\circ \text{ veh-km}$  es claramente desfavorable para turismo frente a furgonetas. En la consideración de este ratio, se debe tener en consideración las discrepancias mencionadas sobre la movilidad de pesado arriba expresadas.

El indicador  $I_8$  número de muertos en accidentes con implicación de un tipo de vehículo por Número de accidentes (con implicación de tipo de vehículo correspondiente), es desfavorable a los camiones pesados, seguidos de furgonetas que superan al de turismos en el 38%, estos resultados son coherentes con la severidad esperable de los accidentes, que se incrementa con los valores de la masa de los vehículos, a igualdad de otros parámetros.

El indicador  $I_9$  número de muertos y heridos graves en accidentes con implicación de un tipo de vehículo por número de accidentes (con implicación de tipo de vehículo correspondiente), es desfavorable a los camiones pesados, seguidos de furgonetas, por razones análogas a las indicadas en el indicador anterior.

El indicador  $I_{10} = \text{N}^\circ \text{ muertos en accidentes con tipo de vehículo} / \text{Millón}$

de vehículos del parque (de cada tipo). En el caso de turismo se compara, también, con el indicador a nivel europeo, determinado como número de muertos en accidentes de tráfico (total) por millón de turismos, que indica para España el valor de 123, mientras que para la UE-27 es de 148. En el índice calculado para la comparativa de este proyecto, en el numerador se consideran los muertos en accidentes en los que haya estado implicado un turismo, o una furgoneta o un camión, (no es la cifra total de muertos del año 2009). Con esta consideración el índice calculado para turismos es de 87, mientras que para furgonetas es de 125 y de 131 para camiones pesados, resultado desfavorable para las furgonetas respecto a los turismos, este valor puede explicarse por el hecho de la mayor movilidad de estos últimos

Este indicador también se compara con los datos análogos del proyecto IMPROVER a nivel europeo para vehículos ligeros de transporte de mercancías, que indica para la UE-25 la siguiente serie de valores: en el 2000 alcanzó el valor de 202, en 2001= 191, en 2002= 199 y en 2003 de 176. En España, según los datos de 2009, este indicador es de 87 para turismos, mientras que para furgonetas es de 125 con la movilidad calculada en este proyecto, lo cual representa una mejora importante respecto a la consignada para la categoría vehículo ligero de transporte de mercancías del proyecto europeo.

El indicador  $I_{1,1}$  número de muertos y heridos graves en accidentes con implicación de un tipo de vehículo por vehículos del parque (del tipo correspondiente) expresado en millones, es desfavorable a las furgonetas frente a camiones pesados y turismos.

El indicador  $I_{1,2}$  número de muertos en accidentes con implicación de un tipo de vehículo por total de accidentes ( $N^{\circ}$  total de accidentes (con todos los tipos de vehículos) (carretera+zona urbana), es desfavorable a los turismos y muy parejo entre furgonetas y camiones pesados.

## 16.4. CONCLUSIONES.

En términos generales, y considerando los datos obtenidos para los indicadores relativos a accidentes y víctimas de furgonetas y de turismos, puede indicarse lo siguiente:

- Las furgonetas reflejan valores inferiores de los indicadores relativos al número de accidentes, cuando se toma como medida de exposición la movilidad y ligeramente superior si se considera el número de vehículos del parque.
- Los indicadores de víctimas y severidad ofrecen valores superiores en el caso de furgonetas que en el de turismos.

- Ambas resultados son coherentes con lo esperable. En el caso de los accidentes puede influir que un gran porcentaje de furgonetas son explotadas con criterios profesionales y, en consecuencia, con parámetros de seguridad medios superiores a los de turismos, también la gran explotación de gran número de ellas en entornos urbanos. En el caso de la severidad, las características constructivas e inerciales de las furgonetas, junto con el menor equipamiento de seguridad, pueden incrementar su agresividad y, en ocasiones, la menor protección de sus ocupantes.

Los resultados relativos a camiones son también coherentes con los esperados, si bien las reservas esperadas respecto a la calidad de los datos y las mayores diferencias entre estos vehículos y los pertenecientes a los dos grupos anteriores, resta interés a un análisis comparativo más extenso.

Por otro lado, debe considerarse que un indicador aislado, obtenido una sola vez, puede ser de poca utilidad. En cambio, cuando se analizan sus resultados a través de variables de tiempo, persona y lugar; se observan las tendencias que el mismo puede mostrar con el transcurrir del tiempo y se combina con otros indicadores apropiados, se convierten en poderosas herramientas de análisis, pues permiten mantener un diagnóstico permanentemente actualizado de la situación, tomar decisiones y verificar si éstas fueron o no acertadas.

Por lo que se propone que las administraciones implicadas en la generación de la información necesaria para obtener los mismos, ponga en marcha procesos para su continuidad y calidad de los datos.

Siendo la movilidad y el parque, las unidades de medida de la exposición más necesarias para la generación de los indicadores propuestos, se recomienda la realización de encuestas similares a las aplicadas en este proyecto de investigación así como al desarrollo de un trabajo de homogeneización de definición clara de los tipos que componen el parque de furgonetas. En este proyecto se ha propuesto una clasificación que se considera adecuada, teniendo en cuenta las diferencias encontradas entre los diferentes puntos, respecto a variables de influencia en los accidentes y sus consecuencias. Otra recomendación importante es que se tengan en cuenta las consideraciones realizadas sobre los datos utilizados, ya que los índices obtenidos varían según el denominador que se use y, por tanto, la comparación entre los 3 tipos de vehículos propuestos puede estar influenciada por dichas diferencias; el lector debe interpretar estas cifras desde una posición crítica. Donde ha sido posible, se han establecido otros valores de comparación con el objeto de poner órdenes de magnitud y referencias para los valores determinados.

Para la obtención de los indicadores se ha recurrido a los datos oficiales de movilidad de ligeros y pesados y de parque de pesados y furgonetas

sobre los que el equipo investigador debe prevenir sobre la validez o prevención de su interpretación. No existe uniformidad sobre los valores que se pueden encontrar en las distintas fuentes. Por ello los indicadores que aquí se consignan deben ser considerados como orientativos y punto de partida para la realización de un trabajo concienzudo de homogeneización de los datos que proveen las diferentes fuentes.

Los índices obtenidos variarán según el denominador que se use y, por tanto, la comparación entre los 3 tipos propuestos debe ser interpretada desde una posición crítica como ha sido indicado.

En este proyecto se ha realizado un gran esfuerzo para la estimación de la movilidad de furgonetas que se ha calculado con metodología estadística rigurosa, como parte de los objetivos del proyecto. Los resultados obtenidos permiten validar su estimación mediante procedimientos indirectos como son las encuestas ante la ausencia de esta información.

## 16.5. REFERENCIAS

- Anuario Estadístico. Dirección General de Tráfico (2009):
- Barómetro de Movilidad y Emisiones del parque de automoción. (2006). Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil.
- Los transportes y los servicios postales. . Ministerio de Fomento. (2009).
- Knight I., Robinson T. Neale, M. and Hulshof W. (2009). The road safety performance of commercial light goods vehicles. IMPROVER PROJECT. TRL Limited.
- Observatorio de Transporte de Mercancías. Ministerio de Fomento. (2009).
- Road Fatalities Country Rankings (2009). EU Transport in figures. Statistical pocketbook 2011. European Commission. Tabla: 2.7.2. Road Fatalities Country Rankings.
- Reglamento General de Vehículos, Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, BOE nº 22, de 26 de enero de 1999; corrección de errores en BOE nº 38, de 13 de febrero de 1999.
- Proyecto SETISMO Estudio del Sector Transporte en España. Desarrollo y Aplicación de Modelos de Análisis de las Condiciones para un Incremento Sostenible de la Movilidad. Plan Nacional de I+D en Transportes. Ministerio de Educación y Ciencias. TRA 99-1071-C02-01/ TRA 99-1071-C02-02. Años 2000-2002.
- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad



# 17. ANÁLISIS INTEGRADO DE LOS ACCIDENTES CON IMPLICACIÓN DE FURGONETAS. PRINCIPALES CONCLUSIONES.

Autores: Francisco Aparicio Izquierdo, Blanca Arenas Ramirez

## 17.1 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS DE VEHÍCULO

### 17.1.1 Principales aportaciones

Las principales aportaciones realizadas para la verificación o justificación del rechazo de las hipótesis relacionadas con los vehículos, provienen de las siguientes actividades:

- Caracterización del parque de furgonetas desde el punto de vista de los Sistemas de Seguridad incorporados, edad y tipos.
- Análisis estadístico de los datos de una encuesta de movilidad interurbana realizada entre 3693 conductores de furgonetas en el conjunto del territorio nacional.
- Estudio de Movilidad urbana de furgonetas
- Análisis de Minería de Datos de los registros de accidentes contenidos en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la Dirección General de Tráfico, durante el período 2000 – 2008 (aproximadamente 880000 accidentes).
- Evaluación de los Informes Técnicos elaborados por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, en el caso de accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas, ocurridos durante los años 2009 y 2010. En este caso, se ha generado una Base de Datos en Profundidad (253 accidentes), con variables explicativas de la fase de ocurrencia del accidente (conforme a la metodología de análisis de causalidad utilizada en Francia por l'IFSTTAR, Human Functional Failures in road accident causation process (HFF)).
- Sistemas de seguridad activa. Evaluación de su influencia potencial en la reducción de accidentes con implicación de furgonetas y sus consecuencias.
- Ensayos de vehículos en pista, sometidos a diferentes estados de carga.
- Estudio sobre Mantenimiento de los vehículos. Resultados de inspecciones de ITV.
- Análisis estadístico de los datos de inspecciones en carretera a conductores de furgonetas en el conjunto del territorio nacional.

**HV1:** las furgonetas pueden tener un comportamiento dinámico diferente a los

turismos, por lo que los accidentes de furgonetas pueden incrementarse si se conducen como turismos.

Teniendo en cuenta las características de la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas, de la Dirección General de Tráfico y sus limitaciones en cuanto a datos sobre el comportamiento dinámico del vehículo, durante el análisis de Minería de Datos se han definido cuatro escenarios distintos de accidentes que facilitan el análisis exploratorio:

- Escenario 1: accidentes frontales en adelantamientos. Bajo la suposición de que las prestaciones de las furgonetas en el momento de su uso son inferiores a las de los turismos, podrían estar implicadas, proporcionalmente, en un número mayor de accidentes de estas características.
- Escenario 2: furgonetas en accidentes de alcance, siendo ellas las que alcanzan. En este caso se considera que la distancia de frenado de las furgonetas puede ser mayor que la de los turismos y, por tanto, serán más propensas a alcanzar a los vehículos precedentes.
- Escenario 3: salida de vía en curva. Para este caso se quiere comprobar si las furgonetas, debido a sus dimensiones, la ubicación de su centro de gravedad (diferente a los turismos) o posibles desplazamientos de la carga, se ven implicadas en mayor medida en accidentes de este tipo.
- Escenario 4: accidentes con maniobras súbitas. Del mismo modo que el caso anterior, se quiere analizar si el comportamiento virador, o si la posición del centro de gravedad de la furgoneta, influyen en que estos vehículos sufran, proporcionalmente, mayor número de sucesos de estas características.

En el caso de los **accidentes frontales en adelantamientos** (Escenario 1), no se observan diferencias significativas en el comportamiento de las furgonetas con respecto a los turismos, mediante la aplicación de la metodología de Minería de Datos (Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas, de la Dirección General de Tráfico).

Junto a esto, y a partir del estudio en profundidad retrospectivo caso a caso (Base de Datos en Profundidad de accidentes mortales con furgonetas), las colisiones frontales de vehículos por un adelantamiento imprudente suponen el 5% de los casos. Sólo en el 2% de los casos el conductor de la furgoneta es responsable; en el 3% restante, el conductor de la furgoneta no puede realizar ninguna maniobra evasiva previa a la colisión. Esta observación puede indicar una correcta valoración del riesgo por parte de los conductores de furgonetas, en este tipo de situaciones.

En el caso de las furgonetas implicadas en **accidentes de alcance** (Escenario 2), el tipo de vehículo es la primera variable explicativa del modelo, mediante la aplicación de la metodología de Minería de Datos. El porcentaje de vehículos que impactan es mayor en el caso de las furgonetas (54%) que el de los

turismos (43%). En los accidentes mortales, se obtiene una clasificación que distingue un mayor porcentaje de furgonetas que impactan en alcance (60%) en comparación a otros vehículos (48%). Según los análisis realizados, la furgoneta alcanza a otro vehículo en el 5% de los casos. Sólo en el 2% de los casos, el conductor de la furgoneta realiza una maniobra evasiva de frenado previa a la colisión. Este resultado puede indicar una menor capacidad de frenado de estos vehículos frente a los turismos, una deficiente valoración del riesgo por parte de los conductores, que les induciría a mantener distancias de seguridad no adecuadas, o ambos factores.

En el caso de los accidentes consistentes en **salidas de vía en curva** (Escenario 3), no se observan diferencias significativas en el comportamiento dinámico de las furgonetas con respecto a los turismos mediante la aplicación de la metodología de Minería de Datos. En parte de estos casos, el conductor no realiza ninguna maniobra evasiva precolisión. En el análisis de la salida del carril de circulación por despiste o somnolencia del conductor podría ser responsable del 40% de los casos. El conductor de la furgoneta no realiza ninguna maniobra evasiva precolisión.

- En el 14%, la furgoneta abandona el carril (por la derecha o izquierda) por despiste o somnolencia del conductor, sin implicación de un segundo vehículo, resultando en una salida de vía. En el 16%, el vehículo contrario abandona su carril por la izquierda por despiste o somnolencia del conductor, impactando frontalmente con la furgoneta. Ésta no parece realizar una maniobra de esquiwa que evite la colisión.
- En el 10%, la furgoneta abandona su carril por la izquierda por despiste o somnolencia del conductor, impactando frontalmente con el vehículo contrario.

En el caso de los **accidentes con maniobras súbitas** (Escenario 4) y aplicando la metodología de Minería de Datos, se observa un incremento significativo en la proporción de furgonetas, lo cual podría estar relacionado con el comportamiento dinámico del vehículo y, en concreto, con la posición del centro de gravedad de estos vehículos. Junto a esto, y a partir del estudio en profundidad retrospectivo caso a caso, el conductor de la furgoneta pierde el control de la misma, por giros bruscos tras un despiste y/o exceso de velocidad, en el 9% de los casos. En la mayoría de estos casos la furgoneta es responsable, y el conductor realiza varios movimientos bruscos sobre el volante, sin poder controlar el vehículo.

En el caso del escenario 2, los factores fundamentales de influencia son la distancia de seguridad asumida por el conductor que sigue, su tiempo de reacción y la capacidad de frenado del vehículo seguidor. Los primeros factores, de los que no existe información objetiva, depende del comportamiento del conductor y de su estado psicofísico; el tercero depende del vehículo. En relación con los vehículos, el factor de mayor influencia en los accidentes por alcance es la diferencia entre las capacidades o rendimientos de frenada de

los vehículos líder y seguidor; de modo que si el vehículo líder dispone de una capacidad para frenar superior a la del seguidor, para el mismo tiempo de reacción de los conductores, la distancia de seguridad debe ser superior al supuesto de análogo rendimiento de frenado de ambos vehículos.

De la encuesta realizada a conductores se desprende que los recorridos medios diarios son moderados o bajos por la gran mayoría de los encuestados, por lo que este factor no parece justificar una presión que pudiera obligar, por ejemplo, a desarrollar velocidades elevadas, ni la necesidad de jornadas dilatadas. Una proporción muy alta de conductores piensa que este tipo de vehículo se conduce igual que un turismo. Esta proporción es mayor entre mujeres conductoras (69,4% 86 de 124), que conducen mayoritariamente derivados de turismo (el 66,3%). En la muestra captada un 30,2% de los casos de mujeres que responden positivamente a esta pregunta conducen furgones y un 3,5% pick up. El porcentaje de los que opina que el estado de carga sí debe influir en la forma de conducir es más elevado pero, no obstante, sigue siendo demasiado alto el porcentaje que no aprecian diferencias (entre un 20% y un 30%) y ello puede considerarse como parte importante de riesgo de accidentes, puesto que no se corresponde en la realidad objetiva en la mayoría de los casos. Los conductores que perciben que estos vehículos cargados se deben conducir de forma diferente a los turismos, esgrimen mayoritariamente razones de peso y dimensiones (42,3%), y la carga y su papel en la estabilidad del vehículo (22,3%). Los dos comportamientos mayormente manifestados por los conductores que perciben que la carga introduce un factor diferenciador en la forma de conducir, tienen que ver con el comportamiento dinámico del vehículo, y son:

- Reducen la velocidad - 78%
- Aumentan la distancia de seguridad: 71,8%

De la muestra encuestada se destaca que hay menor percepción respecto a la diferencia en la conducción entre conductores experimentados.

Aunque al comienzo del proyecto no estaba prevista la realización de ensayos en pista con vehículos, el análisis de alguna de las hipótesis motivó su realización. Además, se realizaron simulaciones con programas que reproducen la dinámica vehicular. De un análisis puramente teórico del comportamiento dinámico de los vehículos, se comprueba que las furgonetas tienen mayor propensión, en general, a volcar que un turismo, dado que su relación entre la altura y la vía es mayor. Además, un aumento de la carga tiende a elevar el centro de gravedad sobre la configuración en vacío, con lo que la velocidad de vuelco será inferior. Adicionalmente, el aumentar la carga sobre el eje trasero hace disminuir, en general el comportamiento subvirador de los vehículos. Los ensayos han involucrado vehículos de 3 de los 4 grupos de furgonetas identificados en el proyecto (se ha excluido a los pick-up por su baja representación en el

parque). Se han realizado ensayos de frenada desde diferentes velocidades iniciales y maniobras de giro de volante para establecer el comportamiento virador. Cabe indicarse que los ensayos se han realizado sobre una muestra reducida de vehículos, lo que limita la posibilidad de extrapolar resultados aunque se aprecian algunas tendencias en los resultados.

- Los vehículos ensayados no ofrecen diferencias significativas cuando frenan en vacío.
- El efecto de la carga penaliza la capacidad de frenado sobre todo cuando se trata de situaciones de sobrecarga. En este sentido, las furgonetas son vehículos más propensos a sufrir fuertes variaciones de carga frente a los turismos.
- Se aprecia una gran diferencia en el rendimiento de frenado de vehículos equipados con ABS respecto a los que no incorporan este dispositivo de seguridad activa. En el conjunto de los ensayos realizados, los valores extremos de las deceleraciones registradas son: 9,34 m/s<sup>2</sup> en el caso del camión con ABS, en vacío, y 5,68 m/s<sup>2</sup> en el caso de la furgoneta sin ABS.; ésta diferencia supone un 39% de capacidad de frenado entre ambos vehículos y situaciones.
- Este último factor es especialmente relevante considerando que, tanto en el parque de furgonetas como en las matriculaciones recientes, existe gran diferencia entre los números de furgonetas y de turismos, equipados con ABS. En el año 2008, el 100% de los turismos equipaba ABS de serie, mientras que en furgonetas este valor desciende a un 62,8 % y un 10,8 % ni siquiera lo hace como opción.
- No se ha encontrado una tendencia clara en cuanto al comportamiento virador al modificar la carga.

Con el fin de complementar los ensayos anteriores, se han desarrollado simulaciones con un programa que reproduce la dinámica vehicular. En concreto, se ha analizado el comportamiento virador con maniobras semejantes a las planteadas en los ensayos en pista, dado que éstos no ofrecieron resultados concluyentes, y se han llevado a cabo maniobras de cambio de carril, con objeto de simular el inicio de una hipotética pérdida de control, de lo que se resalta:

- El aumento de la carga reduce ligeramente el carácter subvirador del vehículo, aunque no de una forma relevante, lo que era esperable desde el punto de vista teórico.
- A velocidades altas, la velocidad de guiñada registrada en una maniobra de cambio de carril aumenta si aumenta la carga.

Por último, el estudio en profundidad retrospectivo caso a caso muestra que el 14% de los accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas podrían haberse evitado con la implementación de un dispositivo ABS en la furgoneta. En relación con los accidentes que implican “maniobras súbitas”, los que derivan en vuelco pueden relacionarse con la altura del centro de

gravidad bajo determinadas condiciones de carga de las furgonetas y con posibles problemas de desplazamiento de la carga; aunque estos factores no han sido verificados experimentalmente, es una evidencia física de fácil demostración, que, tanto una mayor altura del centro de gravedad del vehículo, lo cual suele producirse con el vehículo cargado, en la mayoría de los casos, como un desplazamiento lateral de la carga, reducen el umbral de vuelco (aceleración lateral máxima que puede soportar el vehículo antes de volcar). Este es un factor diferenciador entre los turismos y las furgonetas, aunque más acentuado en los furgones y camiones. Aunque no se han realizado ensayos relativos a la influencia en la seguridad, y especialmente en maniobras bruscas de los sistemas de estabilidad (ESP) su influencia en la seguridad está bien establecida y su presencia en el parque de vehículos y nuevas matriculaciones, es aun inferior a la del ABS. El estudio en profundidad retrospectivo caso a caso muestra que el 18% de los accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas podrían haberse evitado con la implementación de un dispositivo ESP en la furgoneta. Por otra parte, no se han encontrado diferencias significativas entre furgonetas y turismos en los escenarios relativos a colisiones durante maniobras de adelantamiento y a las salidas de la vía, pero las diferencias destacadas en los párrafos anteriores, así como la influencia negativa de una mayor masa de las furgonetas cargadas, respecto a los turismos, en la severidad de las colisiones en las que pueden verse implicadas, deberían inducir a comportamientos más seguros por parte de los conductores.

De los resultados de los trabajos realizados puede considerarse el cumplimiento de esta hipótesis para un cierto número de situaciones relacionadas con accidentes de tráfico.

**HV2:** Los vehículos pueden estar sometidos a un uso más intensivo que los turismos (mayor número de km/año) y, en ocasiones, con sobrecarga, lo cual puede requerir operaciones de mantenimiento más frecuente y criterios diferentes para la frecuencia de inspecciones técnicas (km –tiempo).

Del estudio de movilidad urbana se pone de manifiesto que las furgonetas de las muestras analizadas y, especialmente, la de Madrid, realizan recorridos diarios muy superiores a los desarrollados por los turismos. En algunos usos, como la construcción, el recorrido medio diario podría ser del orden de los 130 km y en el conjunto superar, como valor medio, los 60km.

De los resultados de la encuesta de movilidad y usos de furgonetas, se han alcanzado conclusiones relacionadas con tres aspectos importantes de esta hipótesis: Uso del vehículo (con un criterio de distancia: km/año) y averías, posible sobrecarga del vehículo y mantenimiento de los vehículos

En relación con el uso de los vehículos y averías: los derivados de turismo y los pick up son más usados en jornadas poco dilatadas (de pocos kilómetros), mientras que el uso de camiones y furgones se produce en jornadas más

extensas en distancia. Los kilómetros medios recorridos al día varían entre 95 y 156 km, dependiendo del tipo de vehículo (G1 – G2), al año representan 23.500-38.000 km. El patrón indica mayores recorridos anuales de camiones, seguidos de furgones. Los derivados y pick up recorren distancias similares. Los vehículos que recorren distancias grandes a partir de 500 km son un pequeño porcentaje de la muestra (1,5% - 59 de 3693), entre los que destacan el número de furgones (representan el 63% de los casos), seguidos de camiones (22,2%) y derivados de turismo (14,8%). Los casos extremos, son los 12 conductores que declaran recorrer entre 1000 y 2000 km en una jornada habitual y mayoritariamente conductores de furgones. Las furgonetas de las empresas recorren más kilómetros (134,86 km diarios de media) que las de los autónomos (95,7 km) y éstas más que las furgonetas de los particulares (71,17 km diarios). El P95% de los recorridos medios diarios de las furgonetas de empresas es 400 km; las de autónomos 250 km y las de los particulares 200 km. Según las declaraciones de los encuestados, los derivados del turismo y los pick up han sufrido menos averías que los furgones (1,17 averías/año) y los camiones (1,13 averías/año) en los últimos dos años. El número de averías aumentan con la distancia recorrida. Las más comunes son de frenos y luces. En la muestra hay un 71,02% de vehículos que registran menos de 100.000 km y no superan los 5 años de antigüedad, un 41,14% de vehículos que tienen de 6 a 10 años han recorrido al año entre 100.000 a 200.000 km. El 38,85% de los casos de vehículos que han recorrido más de 200.000 km tienen más de 10 años.

En relación con la posible sobrecarga de los vehículos; el 9% (331) de los vehículos encuestados circulan aparentemente sobrecargados (superan el indicador MMA+ 100 kg), con una sobrecarga media de 438,87 kg. Más de la mitad de éstos (196 vehículos =59%), circulan con una sobrecarga menor o igual a 250 kg, un 24% (80 vehículos) con sobrecarga entre 250 y 1000 kg, un 9% (31 vehículos) con cargas entre 1000 y 1500, un 4% (14 vehículos) con sobrecargas entre 1501 y 2000 y un 3% (10 vehículos) con cargas mayores de 2500 kg. Por tipo de vehículo, hay mayoría de derivados de turismo en los intervalos hasta 1500 kg, y más furgones a partir de 1501 kg, pero con presencia importante de derivados.

Para comparar los resultados con las inspecciones en carretera realizada por la ATGC, también se ha calculado la diferencia entre TARA y MMA como indicativo del margen de carga admitida en los vehículos. Se destaca que los furgones presenten un mayor margen de carga media respecto a los camiones del grupo G2, así como el número de furgones (G3=12) y los derivados de turismo (G4=61) con margen de carga por debajo de 300 kg. Aunque el número es bajo, su extensión al parque como a la participación de estos vehículos en el transporte de mercancías, requiere atención a estos casos y su detección preventiva. Se ha detectado que hay un 28% de vehículos con antigüedad de más de 10 años entre los vehículos sobrecargados. Los vehículos menos sobrecargados son los pertenecientes a los particulares, sin embargo

no hay diferencias ostensibles en los niveles de sobrecarga por titularidad. En el aspecto de antigüedad del parque se resalta que entre los 993 vehículos de la encuesta con más de 10 años, el 84% de éstos son derivados y furgones y que en el estudio desagregado de estos vehículos en relación a la carga que transportan, en los intervalos más altos de sobrecarga (en % de la MMA) hay casi exclusivamente derivados de turismo, en contraposición a los camiones de los que se detectan muy pocos casos, en términos comparativos.

En relación con el mantenimiento de los vehículos para el que se realizaron algunas preguntas en la encuesta de movilidad y usos de las furgonetas, el 60,32% de los conductores declara que realizan el mantenimiento en talleres independientes, el 28% en concesionarios oficiales y un 6% en talleres propios. Los derivados de turismos recurren algo más a talleres independientes (64,62%) y los camiones algo menos (56,98%). Los vehículos con antigüedad inferior a 3 años, realizan la revisión en concesionarios de marca en torno al 70%. El uso de talleres independientes se incrementa con la edad del vehículo. El 39,24% de los encuestados efectúan el mantenimiento de su vehículo cada 10.000 km recorridos, el 34,42% cada 15.000 km y el 19,01% cada 20.000 km. Los encuestados que realizan operaciones de mantenimiento con 20.000 km o menos son el 92,67% y casi un 40% lo hace con menos de 10.000 km. En los vehículos de autónomos es mayor el número de vehículos que realizan el mantenimiento cada menos de 10.000 km recorridos. En cuanto a la frecuencia temporal, el 38,94% de los encuestados realiza el mantenimiento cada 6 meses, el 39,34% cada 12 meses y el 15,35% cada 3 meses. El 84% de los encuestados declara frecuencias igual o superior a 6 meses y un 45% igual o superior a 12 meses. A medida que se aumenta el número de kilómetros recorridos al año aumenta la frecuencia de mantenimiento (los plazos son inferiores a 1 año). A medida que es mayor la antigüedad del vehículo, más tardan los encuestados en hacer el mantenimiento, pero menor es el número de kilómetros que recorren antes de hacer la revisión o mantenimiento del mismo. El 51,88% de los vehículos no utiliza libro de mantenimiento. Siendo este valor superior en los vehículos de autónomos y particulares y no ofreciendo diferencias significativas los 4 tipos de vehículos. En cuanto al número de averías más frecuentes se refieren al sistema de frenos (25,28%), luces (22,47%) y suspensión (11,58%). Estos tres tipos de averías afectan muy directamente a la seguridad, especialmente el primero. El 17% de los vehículos no tenían en vigor la ITV reglamentaria y en un 30% se detectaron fallos en la última. En el 30% de los casos se detectaron fallos en la última, el resto (53%) no tuvieron fallos en la última revisión.

Del estudio sobre Mantenimiento de los vehículos se resalta que casi todos los puntos que son inspeccionados en la ITV, están incluidos en las revisiones que se realizan en los talleres. Respecto a los fabricantes, no existe un criterio unificado en cuanto a qué periodicidad o en qué número de kilómetros se han de realizar las revisiones de los elementos. Las furgonetas poseen mayor movilidad (aprox. 28.000 km/año) con respecto a los vehículos turismos

(aprox. 15.000 km/año). Un vehículo turismo no posee un empleo mercantil, como ocurre con las furgonetas, que son ampliamente utilizadas para tareas de transporte industrial. El porcentaje de RECHAZOS en la ITV en furgonetas es de 38,65%. Este porcentaje de rechazo es más elevado que el que se obtiene en los turismos (del orden del 20% de rechazos). Sobre el total de las furgonetas inspeccionadas, los grupos que presentan un mayor porcentaje de defectos corresponden al grupo 8. Ejes, Ruedas, Neumáticos y Suspensión con un porcentaje de rechazos del 14,4%. Le sigue el grupo 4. Alumbrado y Señalización con un porcentaje de 10,6%, el grupo 2. Acondicionamiento Exterior, Carrocería y Chasis obtiene un porcentaje de 9,4% y el grupo 6. Frenos con un porcentaje de 7,9%. Los capítulos de mayor rechazo para los vehículos turismo y para los vehículos industriales, según las estadísticas del Ministerio de Industria Comercio y Turismo, son comunes a los que presentan las furgonetas. Sin embargo, los porcentajes de rechazo en furgonetas son mayores que en turismos, pero menores que en vehículos industriales (tipo N). Para el punto de inspección de Grupo 8: Ejes, ruedas, neumáticos y suspensión, el rechazo en el eje delantero es más de cuatro veces el rechazo en el eje trasero. En la frenada “sufré” mucho más el eje delantero que el trasero, debido a la transferencia de carga, dicha transferencia se incrementa cuando aumenta el centro de gravedad de la carga. Además, en este tipo de vehículos que portan cargas elevadas, la transferencia de carga afecta mucho al comportamiento direccional y de la suspensión.

En las inspecciones en carretera los vehículos encuestados no se han pesado, lo cual no permite realizar un análisis más profundo de la carga-sobrecarga de estos vehículos, y los agentes de la Guardia Civil de Tráfico han obtenido la información por inspección de los datos de la Tarjeta ITV. Para la muestra recabada se ha calculado la diferencia entre TARA y MMA como indicativo del margen de carga admitida en los vehículos y se destacan los siguientes aspectos: aunque sea un porcentaje pequeño, se han detectado 29 casos de vehículos con margen de carga menor de 500 kg, de los cuales 3 son camiones (G2) y que son escasos en número en todos los intervalos indicativos del margen de carga útil calculados, así como los 7 furgones (G3) y los 18 derivados de turismo con margen de carga de menos de 500 kg. Si estos vehículos circularan con mayores cargas que las admisibles, y por tanto con sobrecarga de los elementos mecánicos, aunque el número sea bajo, su extensión al parque como a la participación de estos vehículos en el transporte de mercancías, se enfatiza que este problema requiere atención y su detección preventiva, por las impredecibles consecuencias sobre el adecuado funcionamiento en condiciones de seguridad, como se enuncia en la hipótesis HV5 o HE3.

De los resultados de los trabajos realizados puede considerarse el cumplimiento de esta hipótesis para un cierto número de condiciones de explotación.

**HV3:** dentro del grupo de vehículos de menos de 3500 kg de masa total, existen 4 tipos (G1, pick-ups; G2, camión chasis-cabina; G3, furgón y combis/

mixto; G4, derivados de turismo) que presentan características diferentes de diseño y otras condiciones con influencia en la seguridad y, por tanto, el comportamiento accidentológico de cada uno de ellos puede ser distinto.

Del análisis de las respuestas a las preguntas de la encuesta, más directamente relacionadas con esta hipótesis es posible analizar dos dimensiones: implicación en colisiones y percepción de los conductores respecto las diferencias entre vehículos respecto a la forma de ser conducidos y sus razones. En relación con la primera de estas dimensiones, casi el 10% de los vehículos se vio implicado en una colisión, mientras circulaba, durante el último año y un 7,96% en el penúltimo. Puede observarse que el 15,84% de los derivados de los turismos están implicados en al menos 1 colisión durante los 2 últimos años, el 13,86% de las pick up también se ven implicadas. Destacan, por su parte, los camiones y los furgones que están implicados en al menos una colisión en el 16,78% y el 16,77% de los casos, respectivamente. Si consideramos los casos en los que se han sufrido varias colisiones, vuelven a destacar los camiones (4,36%) y los furgones (3,96%), frente a los derivados del turismo (2,62%) y las pick-up (1,2%). La mayor parte de las colisiones se producen en ciudad (67,74%), un 2% son accidentes de vuelco. Por tipo de colisión, es de destacar que los derivados de turismo son los más implicados en accidentes con peatón, tanto en ciudad como en carretera y los furgones se encuentran más implicados en las colisiones con ciclistas y motoristas en ambos ámbitos. Un 41% de los conductores encuestados perciben que el vehículo no se conduce igual que un turismo y un 63,62% indican alguna razón. Las razones más frecuentes son peso y dimensiones, 42,24% de las respuestas; carga - estabilidad, un 22,27%; manejabilidad (maniobrabilidad) 12,44% y visibilidad y otros elementos de seguridad (13,30%). Sólo un 3,34% hace referencia al frenado. En los 4 tipos de vehículos destaca el peso y dimensiones como causa de diferencias y en el análisis por tipos destacan los furgones (G3) en todas las causas indicadas. A la pregunta de si “este tipo de vehículo cargado se debe conducir en carretera de forma diferente a cuando circula sin carga”, el 73% dice que sí. Esta percepción es más acentuada en derivados de turismos y furgones, sorprende que sea inferior en camiones. Sin embargo, si consideramos los conductores de camiones, son los que más creen que no es lo mismo circular con carga que sin carga, seguidos de los furgones, las pick ups y finalmente los derivados del turismo.

No se observan diferencias significativas en el comportamiento accidentológico de los diferentes tipos de furgonetas, mediante la aplicación de la metodología de Minería de Datos aplicada a los accidentes de la BGA de la DGT.

Desde el estudio en profundidad retrospectivo caso a caso, y tomando en cuenta los Grupos 3 y 4 (94% del total de furgonetas implicadas en la Base de Datos en Profundidad de accidentes mortales con furgonetas), se observan algunas diferencias destacables entre grupos respecto al tipo de accidente. Las furgonetas del G4 están implicadas en mayor proporción en salidas

del carril de circulación, mientras las del G3 presentan mayor implicación en alcances y en pérdidas de control. Junto a esto, también se observan algunas diferencias destacables entre grupos respecto al estado de carga del vehículo, lo cual afecta a su comportamiento dinámico. Las furgonetas del G4 implicadas circulaban en condición de vacío en mayor proporción que las del G3, mientras que el estado de sobrecarga se presenta únicamente en las furgonetas del G3, lo cual puede estar relacionado con su mayor implicación en alcances y en pérdidas de control.

Desde el punto de vista de la eficacia de los dispositivos de seguridad activa y en función del tipo de accidente en que están implicadas las furgonetas, el ABS resulta más eficaz en las furgonetas del G3, mientras el ESP resulta más eficaz en las del G4.

De los resultados de los trabajos realizados puede considerarse el cumplimiento de esta hipótesis para un cierto número de situaciones relacionadas con accidentes de tráfico.

**HV4:** Las furgonetas pueden disponer de menos sistemas de seguridad activa y pasiva que los turismos por lo que el número y severidad de los accidentes de furgonetas se ven comparativamente incrementados.

Del estudio de caracterización del parque se destaca que la presencia de equipamientos de seguridad es mucho más elevada en los turismos que en las furgonetas, tanto en sistemas de seguridad activa como pasiva. Es especialmente relevante que algunos sistemas que en 2008 se encontraban plenamente implantados de serie en la totalidad del mercado de turismos, en cualquiera de sus gamas, presentan aún cifras muy reducidas de presencia en las furgonetas. En este sentido destacan:

- Los frenos ABS, disponibles de serie para menos de un 63% de furgonetas y, aún más importante, ni siquiera disponibles para más de un 10% de éstas.
- El airbag frontal del acompañante, que, aunque se ofrece como opcional para casi el 57% de las furgonetas, viene instalado de serie sólo para el 34%, y no está disponible para el 9% de las mismas.
- Los airbags laterales delanteros, con una presencia muy baja de serie (4%) y no disponibles para el 44% de las furgonetas.

Otros equipamientos presentes de serie para una proporción muy significativa de los turismos matriculados en 2008 (aunque aún no para el 100%), tales como los airbags de cabeza delanteros y traseros, aparecen en un porcentaje insignificante de las furgonetas (inferior al 1% de serie), y solamente en algún caso como sistema en opción.

Otro aspecto a destacar se refiere a ciertos sistemas de seguridad activa, como el control de tracción, el ESP y el control de velocidad, cuya presencia

de serie en las furgonetas es muy reducida (entre el 7% y el 15%), y además presentan elevadas tasas de no disponibilidad (p.ej. superior al 70% para el control de tracción), y todo ello a pesar de que en 2008 dichos sistemas ya estaban presentes en una proporción muy significativa de turismos; y son sistemas especialmente aconsejables para la conducción de furgonetas, sobre todo el ESP y el control de tracción, que aportan un importante nivel de seguridad en el transporte de cargas pesadas que podrían dificultar el control del vehículo en curvas, cambios bruscos de dirección, etc.

De los resultados de las encuestas de movilidad y usos se desprende que en general los vehículos incluidos en los grupos de furgonetas disponen de menos equipamientos de seguridad que los turismos. Destaca que en 2009 sólo un 62% equipase ABS y un 12,9% Control electrónico de estabilidad, y ninguno faros de xenón y sólo un 33% airbag de pasajero. Los conductores valoran la importancia del ABS y de los medios de seguridad pasiva y la mayoría considera poco importante los sistemas que pueden influir en una moderación de su velocidad de circulación. En términos generales el colectivo de vehículos de la muestra presenta un nivel bajo de equipos de seguridad, inferior al parque de turismos. Este factor adquiere una mayor significación si se tiene en cuenta que por razones inerciales, de altura del centro de gravedad, en muchos casos posible influencia de la carga por deficiencias en la estiba y sujeción, este tipo de vehículo puede presentar factores de riesgo superiores a los turismos. Los conductores otorgan una alta valoración a la importancia de algunos sistemas para la mejora de la seguridad, especialmente al ABS y medidas de protección (airbag), valoran menos un sistema de gran importancia en determinadas condiciones de conducción, como es el control de estabilidad y mucho menos a los sistemas que pueden limitar su velocidad o influir en su jornada de trabajo como son el limitador de velocidad y el tacógrafo. La ausencia de formación específica reflejada en la pregunta P.51 y el deseo de incrementar las prestaciones de los vehículos, en algunos casos pueden justificar las respuestas relativas a estos últimos sistemas. Un porcentaje muy elevado de los vehículos no instalan elementos de seguridad de gran interés aunque, en líneas generales, la incorporación de sistemas de seguridad se ha incrementado en los últimos años. Los sistemas que más presencia tienen, según los datos obtenidos de nuestra encuesta, son el control de cruce, el control electrónico de estabilidad y el airbag de pasajero. Los sistemas que más se han incrementado, según los datos obtenidos del IEA sobre furgonetas matriculadas, son el limitador de velocidad, el sistema ABS y el control electrónico de estabilidad.

Pese a esta mejora, estos vehículos aún se encuentran muy por debajo del nivel de seguridad instalado en los turismos. Comparando furgonetas de menos de 10 años (datos IEA (parque de vehículos) y encuesta) y turismos de menos de 10 años (datos FITSA (parque)), se obtiene que por cada furgoneta que lleva instalado:

- Airbag de conductor, lo llevan instalado 1,35 turismos.

- Airbag de pasajero, lo llevan instalado 3,83 turismos.
- ABS, lo llevan instalado 3,15 turismos.
- ESP, lo llevan instalado 3,85 turismos.
- Control de crucero, lo llevan instalado 3,18 turismos.

Las mayores diferencias radican en el airbag del pasajero y el ESP. Si hacemos esta comparación con el parque de vehículos de 2 años, se obtiene que por cada furgoneta que lleva instalado:

- Airbag de pasajero, lo llevan instalado 2,95 turismos.
- ABS, lo llevan instalado 1,61 turismos.
- ESP, lo llevan instalado 5,81 turismos.
- Control de tracción, lo llevan instalado 5,41 turismos.

Es decir, se ha reducido la diferencia entre turismos y furgonetas en cuanto a la instalación de airbag de pasajero y ABS, sin embargo ha aumentado la diferencia existente en cuanto a sistemas de control electrónico de estabilidad. Las mayores diferencias radican en el control electrónico de estabilidad y control de tracción. Considerando la importancia del ABS y de los airbag de pasajero y de conductor para la seguridad, estos sistemas deberían incorporarse en todos los vehículos objeto de nuestro estudio. El aumento de la diferencia entre turismos y furgonetas en cuanto al control de tracción y de estabilidad en los últimos años, sugieren la necesidad de mejorar este equipamiento de seguridad en los vehículos de interés de este proyecto. Las pick up constituye el tipo de vehículo mejor equipado de los 4 estudiados para todos los sistemas de seguridad, tanto en los vehículos con menos de 5 años como en los vehículos con 2 años.

Considerando exclusivamente los vehículos con menos de 5 años, se observa que:

El tacógrafo: los camiones están mucho mejor equipados que los furgones y estos bastante más que los derivados de los turismos. Los derivados de turismos están mejor equipados que los furgones y que los camiones en cuanto a airbag lateral y airbag de pasajero.

Los furgones y los camiones están bastante mejor equipados que los derivados de los turismos en ESP, control de crucero y limitador de velocidad. La incorporación de ABS es muy similar tanto en camiones, como en furgones como en derivados de turismos. En cuanto al airbag del conductor son los derivados de turismos y los furgones los que están mejor equipados que los camiones.

Comparando los vehículos con menos de 5 años y los de 2 años, podemos

destacar que todos los tipos de vehículos han sufrido mejoras en la incorporación de todos los sistemas de seguridad. Las pick ups son 1,34 veces mejores, los camiones 1,22 veces, los derivados de turismos 1,2 y finalmente los furgones son 1,16 veces mejores. Los camiones son los que más han mejorado en incorporación de airbags de conductor y pasajero, ABS, ESP, limitador de velocidad y tacógrafo y las pick ups las que más han mejorado en cuanto a airbags lateral y control de crucero.

En relación a la percepción de los conductores respecto a la importancia de los sistemas incluidos en la consulta es muy destacable que para la mayoría de los conductores valoran mucho los sistemas de protección: airbags (más del 80%) y ABS (85%). El ESP es percibido con importancia alta para la seguridad sólo por un 58% de los conductores y el control de crucero por el 41%. Es destacable la escasa valoración que realizan del limitador de velocidad (el 31% le otorga alta y el 37% baja) y el tacógrafo (24,4% alta y 45,4% baja). Es el sistema peor valorado en esta pregunta.

De las aportaciones del estudio orientado a determinar la influencia potencial de la incorporación de ciertos sistemas de seguridad en los accidentes de furgonetas, se desprende que los porcentajes de presencia de los sistemas como equipamientos serie son muy bajos, incluso en el caso del ABS, siendo en los casos del ESP y el limitador de velocidad la situación más común la de equipamiento no disponible. Por otro lado, cabe indicar que, de aquellos modelos en los que es desconocido el estado de oferta del sistema, el principal porcentaje corresponde a furgonetas matriculadas antes del año 2000, de manera que pueden considerarse para el ESP y el limitador de velocidad como casos que corresponden a equipamiento no disponible casi en su totalidad ya que el porcentaje de tal situación en las matriculaciones del 2000 es muy alto. Esta hipótesis ya no es válida para el caso del ABS ya que en las matriculaciones del año 2000, la presencia de ese equipamiento como opcional ya era significativa. Al comparar la presencia de los sistemas de seguridad entre furgonetas y turismos, se encuentran diferencias muy significativas, que ponen de manifiesto el déficit de muchos de estos sistemas en el caso de las furgonetas. La aplicación de la metodología propuesta muestra que la renovación del parque de furgonetas por vehículos dotados de ABS podría evitar el 10 % de los accidentes y en el caso de incorporar el ESP, del 4,7%. Estas cifras, de todas formas, se estiman conservadoras dadas las hipótesis realizadas durante el estudio pero ponen de manifiesto la importancia de la incorporación de dichos sistemas.

El estudio en profundidad retrospectivo caso a caso muestra que el 14% de los accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas podrían haberse evitado con la implementación de un dispositivo ABS en la furgoneta. Asimismo, el 18% de los accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas podrían haberse evitado con la implementación de un dispositivo ESP en la furgoneta. Desde el punto de vista de dicha eficacia de los dispositivos de seguridad activa y en función del tipo de accidente en que

están implicadas las furgonetas, el ABS resulta más eficaz en las furgonetas del G3, mientras el ESP resulta más eficaz en las del G4. Desde el estudio de severidad realizado en el análisis en profundidad retrospectivo resulta que la mayor proporción de fallecidos en la furgoneta se produce en las del G4 (62,3%) frente al G3 (40,6%). Respecto al uso del cinturón de seguridad en el momento del accidente, se usaba menos en el G3 (56,9%), frente al G4 (65,2%).

Los resultados e los diferentes paquetes de trabajo permite verificar la veracidad de la hipótesis, es decir: las furgonetas, en general, disponen de menor equipamiento de seguridad activa y pasiva y este hecho está influyendo en los accidentes y su severidad, en términos generales.

**HV5:** La legalización de camiones (MTMA < 3500 kg) como N1 en inspecciones previas a la matriculación (en ITV) se realiza en ocasiones con carga útil excesivamente pequeña, lo cual podría inducir a viajes con cargas superiores a las declaradas para la homologación técnica y, por tanto, con sobrecarga de los elementos mecánicos.

Mediante el tratamiento estadístico de los resultados de la encuesta de movilidad y usos, en las preguntas relacionadas, se destaca que aunque la gran mayoría de los encuestados indican que no suelen circular con el vehículo sobrecargado, de las respuestas a otras preguntas y datos de los vehículos se concluye que el 9% de ellos sí circulan sobrecargados: más de la mitad de éstos circulan con una sobrecarga menor o igual a 250 kg (59%); en un 12% de los casos la sobrecarga estimada se sitúa entre 250 y 500 kg y en el 29% supera este último valor. Los vehículos menos sobrecargados son los pertenecientes a los particulares, sin embargo todos se mantienen en niveles de sobrecarga similares. Según los datos de sobrecarga por tipo de vehículo, debe prestarse atención a los furgones y derivados de turismo. Los datos indican que, según la muestra encuestada, hay un cierto número de vehículos con cierta antigüedad que circulan sobrecargados lo cual podría tener consecuencias sobre la seguridad. El estudio del posible margen de carga disponible de los vehículos de la encuesta, indica que éste puede ser muy bajo especialmente en derivados de turismo y furgones.

En el Estudio sobre Mantenimiento de los vehículos, resultados de inspecciones de ITV, se ha utilizado la información obtenida en la encuesta realizada a los conductores de 165 furgonetas durante la inspección técnica de las mismas. Esta encuesta pretendía determinar si existía alguna variable que influyera de manera importante en el número y tipo de defectos encontrados. De toda la información obtenida en la encuesta, se ha analizado una sub-muestra correspondiente a furgonetas destinadas exclusivamente al transporte de mercancías (vehículos pertenecientes a la categoría N1). Hay que indicar que una de las preguntas a responder por el conductor era la utilización de la furgoneta: transporte de mercancías, transporte de pasajeros o mixta.

En la sub-muestra, se ha analizado la relación existente entre los kilómetros recorridos y la antigüedad (fecha de matriculación) de las mismas con el número de estas que han obtenido como resultado de la inspección RECHAZADAS. En ambos casos, se observa un aumento del número de furgonetas RECHAZADAS a medida que aumenta el número de kilómetros recorridos y su antigüedad, siendo perceptible un aumento más gradual con la primera de las variables. Por último, se ha analizado el porcentaje de RECHAZOS en función de su utilización. Se ha obtenido que de las 105 furgonetas destinadas al transporte de mercancías, el 11,43% de ellas fueron RECHAZADAS, de las 28 furgonetas destinadas al transporte de pasajeros, el 14,29% de ellas fueron RECHAZADAS y de las 32 furgonetas destinadas al transporte mixto, el 37% de ellas fueron rechazadas.

En las inspecciones en carretera, los vehículos encuestados no se han pesado, lo cual no permite realizar un análisis más profundo de la carga-sobrecarga de estos vehículos, y los agentes de la Guardia Civil de Tráfico han obtenido la información por inspección de los datos de la Tarjeta ITV. Para la muestra recabada se ha calculado la diferencia entre TARA y MMA como indicativo del margen de carga admitida en los vehículos. Los datos recabados, indican que hay pocos vehículos con margen de carga hasta 500 kg (en total 28), de los cuales 3 son camiones (G2), 7 son furgones (G3) y 18 son derivados de turismo. El número de camiones es escaso en todos los intervalos indicativos del margen de carga útil calculados. Aunque el número es bajo, su extensión al parque como a la participación de estos vehículos en el transporte de mercancías, requiere atención a estos casos y su detección preventiva.

De los resultados de los trabajos realizados no puede verificarse la veracidad del contenido de esta hipótesis, si bien los datos de la encuesta permiten considerar la posibilidad de su cumplimiento en una proporción y número de casos que no ha sido posible cuantificar.

## 17.3 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS DE CONDUCTOR

### 17.2.1 Principales aportaciones

Las principales aportaciones realizadas para la verificación o justificación del rechazo de las hipótesis relacionadas con los conductores, provienen de las siguientes actividades:

- Análisis estadístico de los datos de una encuesta de movilidad interurbana realizada entre 3693 conductores de furgonetas en el conjunto del territorio nacional.
- Análisis de Minería de Datos de los registros de accidentes contenidos en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la Dirección General de Tráfico, durante el período 2000 – 2008 (aproximadamente 880000 accidentes).

- Evaluación de los Informes Técnicos elaborados por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, en el caso de accidentes mortales interurbanos con implicación de furgonetas, ocurridos durante los años 2009 y 2010. En este caso, se ha generado una Base de Datos en Profundidad (253 accidentes), con variables explicativas de la fase de ocurrencia del accidente (conforme a la metodología de análisis de causalidad utilizada en Francia por l'IFSTTAR, Human Functional Failures in road accident causation process (HFF)).
- Ensayos de vehículos en pista, sometidos a diferentes estados de carga.

**HC1:** Los conductores de furgonetas no reciben una formación específica para este tipo de vehículos con lo que pueden no ser conscientes del diferente comportamiento dinámico de los mismos y las medidas a adoptar en la conducción.

Solo el 8,84% responden a la opción SI. Estas proporciones de respuestas varían según el tipo de vehículo, siendo los porcentajes de los conductores que NO reciben formación específica los siguientes: G1: 92,17 %, G2: 83,88 %, G3: 90,91 %, G4: 94,28 %.

Entre los que declaran haber recibido formación específica (8,84 % de los encuestados), a la pregunta relacionada con el número de horas de formación recibidas, las respuestas, en valores medios son: 0,36h en el año 2009 y 2,34h con anterioridad.

Los conductores fueron consultados respecto a si “piensa que es aconsejable la formación específicas para conductores” de estos vehículos y las respuestas fueron: 37,45% SI y 62,55% NO. Según el tipo de vehículo que conducen los encuestados, las respuestas afirmativas fueron: G1: 40,96 %, G2: 63,93 %, G3: 41,40 %, G4: 26,62 %.

Como puede observarse, los porcentajes de conductores de los cuatro grupos de vehículos que consideran aconsejable una formación específica para conducirlos son relativamente elevados, destacando los conductores de los vehículos del Grupo 2 (camiones), resultando inferior el porcentaje de conductores del G4 (derivados de turismo) y ofreciendo valores intermedios los conductores de los otros dos grupos.

En relación con el permiso de conducir de los conductores encuestados, la mayor parte de ellos únicamente disponen del permiso de conducir B y, por tanto, su formación y requerimientos son los mismos que para conducir turismos. Los porcentajes de los que solo disponen de permiso B varían entre los conductores de los diferentes tipos de vehículos. Estos son G1: 63,83 %, G2: 52,34 %, G3: 76,15 %, G4: 67,82 %.

Por otra parte, como ha sido indicado en el análisis de hipótesis anteriores, un porcentaje elevado (44%) de conductores de los cuatro grupos de vehículos

consideran que éstos deben conducirse de manera diferente a los turismos (pregunta 26). Estos porcentajes, por grupos son G1: 36,75 %, G2: 72,33 %, G3: 48,74 %, G4: 27,32 %.

De la misma forma, la pregunta 28, respecto a si “este tipo de vehículo cargado debe conducirse en carretera de forma diferente a cuando circula sin carga”, los porcentajes de respuestas afirmativas, por grupos de vehículos son G1: 71,08 %, G2: 79,52 %, G3: 77,25 %, G4: 67,96 %.

Desde el análisis de Minería de Datos, se concluye que las furgonetas presentan una implicación significativamente superior a los turismos en colisiones por alcance y en accidentes con maniobras súbitas del conductor seguidas de una pérdida de control. En este último caso, el exceso de carga, más propio de las furgonetas por sus condiciones de utilización, favorece la ocurrencia de accidentes con vuelco.

Desde el estudio en profundidad retrospectivo caso a caso, y tomando en cuenta los Grupos 3 y 4 (94% del total de furgonetas implicadas en la Base de Datos en Profundidad de accidentes mortales con furgonetas), se observan algunas diferencias destacables entre grupos respecto al tipo de accidente. Las furgonetas del G4 están implicadas en mayor proporción en salidas del carril de circulación, mientras las del G3 presentan mayor implicación en alcances y en pérdidas de control.

Junto a esto, también se observan algunas diferencias destacables entre grupos respecto al estado de carga del vehículo, lo cual afecta al comportamiento dinámico del vehículo. Las furgonetas del G4 implicadas circulaban en condición de vacío en mayor proporción que las del G3, mientras que el estado de sobrecarga se presenta únicamente en las furgonetas del G3, lo cual puede estar relacionado con su mayor implicación en alcances y en pérdidas de control.

Los resultados precedentes en relación con el tipo de accidente y las condiciones de carga muestran diferencias destacables en el caso de las furgonetas del G3 (furgón) destinadas principalmente al transporte de mercancías, frente a las del G4 (derivados de turismo) con unas condiciones de uso más próxima a las de los turismos.

Por otra parte, se ha comprobado de los ensayos dinámicos en pista que el comportamiento dinámico presenta diferencias al tratar el vehículo en vacío y cargado (en relación con HV1). Esta consideración es coherente con las apreciaciones de los conductores. Además, consideraciones teóricas sobre la influencia de la altura del centro de gravedad y del efecto de la carga, así como los indicios observados en los ensayos y las simulaciones de la dinámica vehicular, permiten corroborar la impresión bastante extendida, entre los conductores, del diferente comportamiento dinámico de las furgonetas respecto a los turismos.

De los resultados de los trabajos realizados se considera verificado el cumplimiento de esta hipótesis.

**HC2:** Una cierta proporción adicional de los conductores realiza tareas de carga y descarga, por lo que los niveles de cansancio durante la jornada de trabajo pueden ser superiores a los de los conductores normales.

El 95,21% de los conductores realiza operaciones de carga y descarga. Por grupos de vehículos los porcentajes de respuestas afirmativas son: G1: 94,58 %, G2: 91,29 %, G3: 96,26 %, G4: 95,47 %.

El análisis de los datos de las inspecciones en carretera verifican estos resultados. Las respuestas por tipo de vehículo de las inspecciones en carretera, aparentemente son los conductores de los vehículos con mayor capacidad de carga (G2: Camión Chasis Cabina o Auto-bastidor de Vehículos Comerciales de MMA  $\leq$  3.500 kg., y en general  $>$  2.000 kg, (G3 y G4), los más expuestos a la realización de operaciones de carga / descarga (el 83%) seguidos de los conductores del tipo de vehículo G4: Turismos Van que la realizarán en el 61% de los casos.

Un total de 2843 conductores (76,98 % de las respuestas) piensa que la realización de las operaciones de carga y descarga por parte del conductor puede afectar a las condiciones de seguridad de la conducción. Por tipo de vehículo, los porcentajes de respuestas afirmativas son: G1: 70,48 %, G2: 88,02 %, G3: 79,27 %, G4: 72,77 %.

Un 50,69% de conductores indica que realiza 1 reparto por día, mientras que el 9,53% realizaría entre 11 y 20 y un 11,43% realizaría más de 20, siendo este último porcentaje del 20,76% en el caso de conductores de camión (G2) y del 19,33 % en el de furgones (G3) y superior en el caso de conductores profesionales autónomos (19,14 %) y de empresas (10,43%).

A la pregunta relativa al número de cargas en el día anterior a la encuesta, el 50,93 % de los conductores declara haber realizado una; y el 11,32% más de una. Los furgones realizan, aparentemente un mayor número de cargas al día (14,27%, cuatro más) seguidos de los derivados de turismo (13,53%).

Los tipos de carga que transportan y cuya descarga tienen prevista realizar, también podrían contribuir a incrementar el cansancio del conductor por el porte y peso. Sin embargo los productos más pesados, en término medio, son prensa, muebles y productos químicos y son transportes con escasa representación en la muestra.

Si se considera la distancia que recorren los vehículos cuyos conductores van a realizar carga / descarga, como un elemento más que puede contribuir a incrementar el cansancio del conductor, el análisis indica que además los conductores de camiones y furgones (G2 y G3) realizan operaciones de carga/descarga con mayor frecuencia, son también los que recorren mayores

distancias.

De los resultados de los trabajos realizados se considera verificado el cumplimiento de esta hipótesis.

**HC3:** En parte de los usos de estos vehículos (reparto en ciudades o trayectos de distancias medias o altas) los conductores pueden estar sometidos a una presión elevada para completar el trabajo encomendado o hacerlo en tiempos más reducidos de lo que aconseja una conducción segura: tiempos insuficientes de descanso, velocidad excesiva, etc.

Los datos relativos al número de repartos de la encuesta de movilidad permiten concluir que se planifican las rutas principalmente las provinciales: se indica mayor número de repartos y hasta 20, en este tipo de desplazamientos. Para más de 20 repartos, el ámbito predominante es el local.

Algo similar se observa atendiendo al número de cargas/día: cuando se trata de más de 4 cargas/día, la proporción de rutas en ámbito provincial es máxima. La proporción de desplazamientos en ámbito nacional es bastante uniforme cuando se trata de números de cargas bajos (hasta 3).

Los desplazamientos son cortos en más de la mitad de los casos locales (el 52,2%) recorren menos de 50 km/ jornada. En el ámbito nacional el 43,84% recorren más de 200 km/jornada

Entre los encuestados, hay una gran proporción que realiza desplazamientos laborales en el tramo horario diurno de 8 a 16 hs. La jornada tiende a ser más extensa en los desplazamientos nacionales.

Más del 90% de las respuestas clasificadas por ámbito de desplazamiento indican que los conductores realizan operaciones de carga y descarga.

Más del 75% de las respuestas clasificadas por ámbito de desplazamiento opinan que las operaciones de carga y descarga sí afectan a la conducción.

De los datos surge que son los conductores de furgones los más expuestos a presión, porque aparecen casi como casos únicos en intervalos de distancia mayores de 500 km, con un gran número de repartos y que declaran conducir más de 3 y hasta más de 5 horas sin parar.

En relación con los tiempos de conducción y descanso, un estudio de TRL concluye que: el Reglamento de la UE 561/2006/EC controla el número máximo de horas que los conductores pueden trabajar y los periodos mínimos de descanso que se deben tomar. Sin embargo, éste solo se aplica a los vehículos de más de 3.5 toneladas y no a las furgonetas. En el Reino Unido los conductores de furgonetas deben cumplir con normativa nacional de horas de conducción, la cual aplica límites diarios menos estrictos de 10 horas diarias de conducción y 11 horas totales de trabajo. Algunos países establecen límites horarios de conducción diaria más restrictivos; en Austria se especifica que

típicamente el límite máximo de conducción diaria es de 8 horas y en Estonia se especifica un límite máximo semanal de conducción de 40 horas. Alemania incluso ha separado la normativa de horas de conducción dependiendo del tamaño de la furgoneta; para furgonetas de MMA inferior a 2.8 toneladas se establecen ciertos requisitos horarios para los conductores, y para aquellas de MMA superior a las 2.8 toneladas e igual o inferior a 3.5 toneladas se debe cumplir con lo recogido en el Reglamento EC 561/2006. En general, se entiende que existen muchas excepciones en las reglas que definen los tiempos de conducción y descanso aplicables a los conductores de furgonetas a lo largo de toda Europa.

De los resultados de los trabajos realizados se considera verificado el cumplimiento de esta hipótesis en parte de los ámbitos de explotación de estos vehículos, si bien no es generalizable al conjunto de los mismos.

**HC4:** Una parte significativa de los conductores de estos vehículos pueden haber obtenido a su permiso de conducir en países en los cuales las exigencias de formación y prácticas de conducción son inferiores a los niveles españoles.

La gran mayoría de los encuestados tienen nacionalidad española (93,77%), el 1,81 % tiene nacionalidad de otros países de la Unión Europea y el 4,2% de otros países. Entre los conductores con nacionalidad de países no europeos destaca: Ecuador (47 conductores) y Marruecos (25 conductores). Los siguientes países por número de conductores de la muestra son: Perú (10), y Argentina y China con 9.

La antigüedad media de los permisos de conducción de los conductores es de 20,44 años y el número medio de años de conducción de este tipo de vehículos es de 12,62. Ambos datos muestran que la mayoría cuenta con una amplia experiencia de conducción.

Los permisos más antiguos son fundamentalmente de españoles, es a partir de la década de los 80 en la que se aprecia una incorporación notable de conductores de otras procedencias. Las nacionalidades que mayor antigüedad de permiso acreditan son los de procedencia europea y latinoamericana. Entre los que tienen permisos con menor antigüedad se repite el patrón de los que acreditan mayor antigüedad del permiso: en primer lugar son españoles, seguidos de europeos y latinoamericanos.

El 96,34 % de los encuestados (3.558) declara haber obtenido el permiso de conducir en España.

Entre los encuestados no europeos, el 54,19% han obtenido su permiso de conducción en España el 32,9% en Latinoamérica, el 9,68% en el Magreb, el 2,58% en Europa y el 0,65% en Oriente Próximo.

Hay mayor presencia de conductores con nacionalidad europea realizando transporte público que privado: 1,36 encuestados con permiso europeo realizando transporte público, por cada encuestado con permiso europeo realizando transporte privado.

Entre los encuestados con permiso latinoamericano hay 1,7 realizando transporte público, por cada encuestado con el mismo permiso realizando transporte privado.

Con los permisos expedidos en el Magreb ocurre lo contrario, hay 2,85 encuestados realizando transporte privado, por cada encuestado con el mismo permiso realizando transporte público.

Entre los que han sufrido 1 colisión hay un 6,82% de conductores de nacionalidad extranjera y representan el 3,85% entre los que tienen varias colisiones. De las respuestas a las preguntas P.20 y P.22 el 18,68% de los integrantes de la muestra, es decir, 690 conductores, declara haber sufrido alguna colisión; un 9,86 declara haber tenido una en el último año y un 7,96 dos.

Entre los encuestados destacan los permisos de conducción latinoamericanos y africanos que indican realizar jornadas de conducción diaria ininterrumpida.

Los datos indican que se conducen menos de 20.000 km al año con este tipo de vehículos. Los españoles encuestados lo declaran en el 52,82% de los casos, los europeos en el 53,73% y los no europeos en el 56,77%.

En todas las nacionalidades hay mayor presencia de conductores en el grupo de edad de 31 a 45 años, el 61,94% de conductores no europeos son de ese rango de edad, entre los europeos es el 50,75% y finalmente entre los españoles es el 47,18%.

En general la formación recibida es escasa y poco valorada, principalmente entre conductores de nacionalidad española, y mayores de 40 años. Aparentemente existe una mayor disposición a la formación por parte de los conductores extranjeros y más jóvenes.

Respecto al análisis de la Base de Accidentes con víctimas de la DGT, se observa que la mayor parte de los conductores de furgonetas de los grupos 1 a 4 implicados en accidentes de tráfico poseen nacionalidad española (más del 92%), aunque la participación de los conductores de otros países se ha ido incrementando en el tiempo (por ejemplo, los conductores de los países del Magreb y los de "otras nacionalidades" han pasado de representar un 2,3% en 2000 a un 7,2% en 2008). Las "otras nacionalidades" incluyen a los conductores extranjeros que no pertenecen ni a la UE, ni a Suiza, EEUU ni países del Magreb.

La antigüedad del permiso de estos grupos de conductores de furgonetas (países del Magreb y “otros países”) es muy inferior a la de los conductores españoles o de la UE+EEUU. El 65% de los conductores accidentados de países del Magreb y el 75% de “otras nacionalidades” poseen permisos de conducción con antigüedad inferior a 5 años. Sin embargo esto no implica necesariamente falta de experiencia, pues la antigüedad se refiere a la fecha de obtención del permiso válido en España y algunos conductores pudieron haber obtenido un permiso anteriormente en sus países de origen.

Los conductores de furgonetas de “otras nacionalidades” implicados en accidentes son los que proporcionalmente cometen más infracciones: el 67% comete alguna infracción (un 10% más que los españoles), destacando la de “conducción distraída o desatenta”. Este hecho también se repite al analizar las presuntas infracciones sobre velocidad: el 21% de los conductores de otras nacionalidades cometen alguna infracción de este tipo, aunque con proporciones muy semejantes a los de países del Magreb.

En cuanto a las presuntas infracciones administrativas, vuelven a destacar los conductores de furgonetas de países del Magreb y de otras nacionalidades; mención especial merecen aquellos que conducen sin el permiso adecuado (20,8% de los conductores del Magreb accidentados y 18% de los de otras nacionalidades).

Respecto a las condiciones psicofísicas, destacar que el 7,7% de los conductores accidentados en furgonetas de otras nacionalidades habían consumido alcohol/drogas, por el 2,6% de los españoles.

Los árboles de clasificación, tanto de la muestra general como la de accidentes mortales recogen en primer lugar como variable más importante para distinguir a los conductores de países del Magreb y de otras nacionalidades de los del resto (incluidos españoles) la correspondiente a la antigüedad del permiso de conducción: los conductores de países del Magreb y de otras nacionalidades se hallan más representados proporcionalmente entre aquellos con menor antigüedad del permiso de conducción. Además para aquellos de menor antigüedad también se hallan sobrerrepresentados los de edades entre 25 y 55 años. Otra variable que también tiene importancia en el modelo es la correspondiente a las presuntas infracciones administrativas, la cual explica (aunque a niveles inferiores) la diferencia entre los grupos de nacionalidades.

Desde el estudio en profundidad retrospectivo caso a caso, destacan los conductores de nacionalidad portuguesa frente a los demás, en relación con su elevada responsabilidad como causantes del accidente: los conductores portugueses son responsables del accidente en el 85% de los casos, frente al 50% en el caso de los conductores españoles.

De los resultados de los trabajos realizados se considera rechazada esta hipótesis en cuanto al número de conductores que pueden haber obtenido a su permiso de conducir en países. No obstante lo anterior, se ha incrementado el número de conductores de origen extranjero en los accidentes con víctimas.

## 17.3 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS DE EXPLOTACIÓN

### 17.3.1 Principales aportaciones

Las principales aportaciones realizadas para la verificación o justificación del rechazo de las hipótesis relacionadas con la explotación, provienen de las siguientes actividades:

- Análisis estadístico de los datos de una encuesta de movilidad interurbana realizada entre 3693 conductores de furgonetas en el conjunto del territorio nacional.
- Análisis de Minería de Datos de los registros de accidentes contenidos en la Base de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la Dirección General de Tráfico, durante el período 2000 – 2008 (aproximadamente 880.000 accidentes).
- Ensayos de vehículos en pista, sometidos a diferentes estados de carga.
- Aportaciones extraordinarias de inspecciones en carretera.

**HE1:** Las furgonetas pueden estar sometidas a estados de carga muy variables lo que puede redundar en variaciones significativas del comportamiento dinámico.

Un 41,35% de los conductores responde que las furgonetas no deben conducirse de la misma forma que un turismo y este colectivo atribuye las diferencias, entre otros factores a, los siguientes:

- Peso y dimensiones: 42 %
- Carga- estabilidad: 22,27 %

A la pregunta respecto a si “este tipo de vehículo cargado debe conducirse en carretera de forma diferente a cuando circula sin carga”, los porcentajes de respuestas afirmativas, por grupos de vehículos son: G1: 71,08 %, G2: 79,52 %, G3: 77,25 %, G4: 67,96 %. Lo cual supone que el 27% de los conductores consultados consideran que el vehículo no debe conducirse de forma diferente cuando se modifica en estado de carga y que el 20,5% de los conductores de camión y un 22,75% de los conductores de furgonetas así lo aseveren.

En cuanto a los principales cambios que dicen experimentar en su forma de conducir, el 73% de los conductores que declara que sí cambia su forma de

conducir cuando el vehículo circula cargado:

- Circula a menor velocidad: 78,07 %
- Incrementa la distancia de frenado: 71,78 %

Es de destacar que las respuestas de los que responden sí a estas dos formas de cambio en las formas de conducir, agrupadas en las categorías: siempre, frecuentemente u ocasionalmente, arrojan, para la primera (siempre), los siguientes resultados según tipo de vehículo: G1: 51,97 %, G2: 75,78 %, G3: 61,69 %, G4: 50,41 %; y el incremento de la distancia de seguridad en G1: 55,17 %, G2: 80,13 %, G3: 66,92 %, G4: 55,52 %.

En relación con la variación de la carga en las distintas situaciones de explotación de estos vehículos, es un factor intrínseco al objeto de uso de los mismos, de los resultados expuestos obtenidos del análisis de los valores declarados de carga y los relativos a tara y MMA, ya comentados en relación con otras hipótesis, la relación PESO TOTAL/PESO EN ORDEN DE MARCHA (Vacío más conductor de 75kg) arroja los siguientes resultados, entre otros: en un 62% de los casos, dicha relación es inferior a 1,25; en un 27 % se sitúa entre 1,25 y 1,5 y en el 10 % la relación entre peso en carga y vacío es superior a 1,5, encontrándose que en 40 casos dicha relación supera el valor 2.

El análisis de la base de Accidentes con Víctimas de la DGT muestra que según los datos incorporados a dicha base, existe un porcentaje bajo de furgonetas accidentadas que circulaban sobrecargadas (83 casos entre 2000 y 2008) se ignora las posibilidades que tienen los equipos de atestados para verificar este dato y, por tanto, la fiabilidad del mismo. En números absolutos la mayor parte pertenece al grupo 3, pero proporcionalmente es el grupo 2 el que mayor porcentaje presenta.

Desde el análisis de Minería de Datos la variable que segmenta el árbol en primer lugar es el tipo de accidente, dividiendo en dos ramas: rama en la cual el tipo de accidente es vuelco (el 0,4% de los casos presentaba a una furgoneta con exceso de carga); y rama de accidentes del resto de tipos, en los cuales el porcentaje de furgonetas con exceso de carga se reduce al 0,1%. De la primera rama (accidentes de vuelco), la siguiente variable que segmenta es el tipo de conductor: conductores profesionales o particulares en furgonetas con exceso de carga representan el 0,4% de los casos, mientras que otros tipos de conductores, el 4,4%. De la rama contraria (resto de accidentes que no son de vuelco), es la variable “exceso de velocidad” la que produce la división: aquellos accidentes en los que no había exceso de velocidad, el porcentaje de furgonetas sobrecargadas representaba el 0,1% de los casos, mientras que las que sí circulaban con exceso, el 0,2% de las furgonetas iban con sobrecarga. .

En relación con los ensayos realizados en pista, en el análisis de resultados relativos a la HV1, se puso de manifiesto que existen diferencias de

comportamiento dinámico de las furgonetas respecto a los turismos y que esas diferencias se acentúan con el incremento de la carga, tanto en capacidad de frenada como en el comportamiento direccional. Además, debe tenerse en cuenta que las furgonetas son vehículos más propensos a ser cargados con centros de gravedad más elevados que los turismos. Por último, cabe indicarse que los efectos de la carga se han analizado con ésta bien sujeta y colocada en el compartimento de carga, con lo que no ha sido posible evaluar el efecto pernicioso sobre el comportamiento dinámico de la carga mal estibada.

De los resultados de los trabajos realizados se considera verificado el cumplimiento de esta hipótesis en parte de las condiciones de explotación de estos vehículos.

**HE2:** La utilización mixta o para el transporte de personas puede presentar características accidentológicas diferentes a la utilización exclusiva para transporte de mercancías.

De las respuestas a la encuesta se obtuvo que un 22,58 % de los encuestados (834) declaran realizar transporte mixto. Este porcentaje varía con el tipo de vehículo, siendo para G1: 41,57 %, G2: 0 %, G3: 14,4 %, G4: 33,65%.

Entre los vehículos que realizan transporte mixto, los porcentajes de uso como mixto o solo mercancías, son del 45,2% y 54,79% respectivamente (valores medios de las respuestas). El número de vehículos cuyos conductores declaran realizar transporte mixto en fin de semana es 3,22 veces superior al de los que realizan este tipo de transporte en días laborables. Los resultados anteriores derivados de las respuestas a la encuesta pueden considerarse coherentes con lo esperado, teniendo en cuenta los tipos de vehículos y uso previsible de ellos.

El análisis de la Base de Accidentes con Víctimas de la DGT muestra que los grupos de furgonetas más semejantes a los turismos (grupos 1 y 4) son aquellos que presentan mayor porcentaje de uso mixto/transporte de personas en el momento de producirse el accidente. Sin embargo, para todos los grupos es superior el porcentaje de uso para transporte de mercancías que para transporte mixto/personas.

Las furgonetas de transporte de mercancías se encuentran implicadas en mayor proporción en accidentes de tipo colisión con vehículo en marcha, mientras que las de transporte mixto/personas lo están en salidas de vía y vuelcos. También se observan diferencias en cuanto al tipo de vía de ocurrencia del accidente: las de transporte mixto/personas presentan proporciones superiores de accidentes en autopistas, autovías y vías rápidas, mientras que las de transporte de mercancías lo están en otros tipos de vía (incluyendo entre estas las vías urbanas). Los porcentajes de accidentes en carreteras convencionales son dependientes del grupo de la furgoneta siniestrada.

Respecto a la hora del día, las furgonetas cuya utilización es el transporte de mercancías presentan mayores porcentajes de accidentes en horario diurno (8

a 15h), y entre semana, que aquellas cuyo uso es mixto o para transporte de mercancías, pese a que en todos los casos este tramo horario es en el que se producen más accidentes de los 3 considerados. También se hallan diferencias en cuanto al desplazamiento previsto, pues aunque en todos los casos son mayoritarios los desplazamientos locales, hay mayores porcentajes de desplazamientos medios y largos en las furgonetas de uso mixto/personas. De acuerdo con este resultado, y respecto a las horas de conducción continuada, la mayor parte de las furgonetas (independientemente de su grupo y su uso) habían estado circulando menos de 1 hora antes de producirse el suceso.

Mediante la modelización a través de Árboles de Clasificación y Regresión se ha pretendido identificar la existencia o no de variables accidentológicas diferentes en función del uso que se le estaban dando a las furgonetas implicadas en los accidentes de tráfico en España entre los años 2000 y 2008. Para ello se ha seleccionado como variable dependiente el uso de la furgoneta en el momento del siniestro (utilización mixta/transporte de personas y utilización para el transporte de mercancías). Puesto que la Base de Accidentes de la DGT no incluye una variable que identifique esta utilización, se han tenido que establecer ciertas hipótesis para poder estimar dicha identificación. Como variables independientes del modelo, que permitirán establecer distinciones entre distribuciones de la variable dependiente, se han incluido 13 variables relacionadas con el conductor, con el vehículo y con las circunstancias del accidente.

El árbol resultante tiene a la zona en la que se produjo el accidente como primera variable que divide el primer nodo, mostrando que en zona interurbana hay mayor proporción de furgonetas que se dedicaban al transporte mixto o de personas (6,8%) que en zona urbana (2,2%).

En los accidentes en zona interurbana, es el tipo de accidente el que distingue entre usos de furgoneta: las salidas de vía y los vuelcos presentan mayor proporción de usos de transporte mixto/personas (11,1%) que el resto de accidentes (5,7%).

En la modelización CART de la muestra de accidentes mortales, la variable que en primer lugar distingue el uso es el tipo de accidente (los vuelcos, las salidas de vía y las colisiones con obstáculos presentan mayor porcentaje de furgonetas con uso de transporte mixto/personas que el resto de configuraciones).

De los resultados de los trabajos realizados se considera verificado el cumplimiento de esta hipótesis en parte de los ámbitos de explotación de estos vehículos, si bien es aconsejable llevar a cabo nuevos trabajos para profundizar en el conocimiento de las diferencias y sus causas y otros factores de interés relacionados con los accidentes.

**HE3:** En un cierto número de casos los vehículos pueden circular sobrecargados o la carga mal estibada o sujeta.

Según los datos analizados de la encuesta, considerando la carga habitual declarada por los conductores y la tara de los vehículos se han obtenido que entre el 8 y el 10% de la muestra total (310 veh. según declaraciones) circulaban con exceso de carga tomando como referencia MMA+100 kg. El anterior porcentaje se reparten entre G1= 2%, G2 (23%), G3 (29%) y G4 (46%), es decir que según las declaraciones, el 46% de los vehículos cuya sobrecarga supera en 100 kg la MMA son derivados y el 29% furgones. Si se consideran sobre la muestra de cada tipo de vehículo los que circulan con sobrecarga de MMA+100 kg representan:

- 4% de la muestra de Pick up (166 en total)
- 15% de la muestra de camiones (459 en total)
- 6% de la muestra de furgones (1389 en total)
- 8% de la muestra de derivados (1679 en total).

En el tratamiento de la variable de sobrecarga discretizada en 4 niveles, hay mayoría de derivados y furgones. Por ejemplo:

- Nivel 1: Exceden la MMA en +100 kg 121 vehículos entre los cuales hay 2 G1, 32 G2, 38 G3 y 49 G4.
- Nivel 2: El exceso de carga está comprendido entre 100 y 200 kg: hay 47 vehículos entre los cuales hay 15 G2, 9 G3 y 23 G4.
- Nivel 3: El exceso de carga está comprendido entre 200 y 300 kg: hay 20 vehículos entre los cuales hay 1 G1, 5 G2, 7 G3 y 7 G4
- Nivel 4: El exceso es mayor de 300 kg: hay 122 vehículos entre los cuales hay 4 G1, 19 G2, 36 G3 y 63 G4.

En los intervalos de sobrecarga definidos la edad media de los vehículos sobrecargados aumenta desde una media de antigüedad de 7,43 años en el nivel 1 de sobrecarga hasta una media de 8,65 años en el nivel 4 de exceso.

El análisis descriptivo de la Base de Accidentes con Víctimas de la DGT muestra que el número de furgonetas accidentadas que circulaban sobrecargadas o con la carga mal estibada es bajísimo (113 vehículos frente a 87185 que no lo hacía). Entre estos vehículos, no se observa una relación entre el tipo de furgoneta y el tipo de accidente; únicamente destacar que entre las furgonetas de los grupos 3 y 4 que circulaban sobrecargadas o con la carga mal estibada, alrededor del 27% sufrió un accidente de tipo vuelco.

Sin embargo, mediante la modelización CART se ha obtenido que el exceso de carga, o la mala estiba de la misma, influyen en el tipo de accidente que sufre la furgoneta, presentándose con mayor frecuencia en accidentes de tipo salidas de vía sin vuelco, vuelcos sobre la calzada o fuera de ella, colisión con objetos en calzada y otros tipos. Este hecho podría estar relacionado con la modificación del comportamiento de la furgoneta derivado de las sobrecargas o el acondicionamiento de la misma respecto a las situaciones de circulación

habituales, que pueden provocar cambios importantes en la posición del centro de gravedad o en las prestaciones de frenado de dichos vehículos.

Por último, de las inspecciones desarrolladas en carretera, por la guardia Civil de Tráfico a 306 vehículos, se han obtenido los siguientes casos relacionados con la carga:

En las inspecciones realizadas el 5% (12 de 220 vehículos que circulaban cargados) fueron detectados con carga mal estibada, y en recorridos medios que exceden (en más del doble) la distancia media de la muestra. De ellos, 6 fueron del G3 (7,3% de los vehículos cargados de este grupo) y 6 del G4 (5,4% de los vehículos cargados de este grupo)

De los resultados de los trabajos realizados se considera verificado el cumplimiento de esta hipótesis en parte de los ámbitos de explotación de estos vehículos, si bien el porcentaje de casos no es elevado. No se han podido establecer relaciones causales entre este factor y los accidentes.

**HE4:** La utilización de estos vehículos con fines de ocio (en fines de semana y otras ocasiones) puede originar un número y tipo de accidentes diferentes a los originados en el uso profesional.

La base de esta hipótesis se halla en el hecho de que la gran diversidad de configuraciones bajo la categoría “furgonetas” hace que algunos de estos vehículos se pueden haber convertido en una alternativa flexible a los turismos en el uso particular (permitiendo transportar tanto personas como carga).

Para abordar el análisis se han analizado los accidentes incluidos en la Base de Accidentes de la DGT, teniendo en cuenta la siguiente clasificación:

- Furgonetas empleadas con motivo de ocio. En el momento de producirse el accidente, tenían un motivo de desplazamiento de tipos 3 (salida o regreso de vacaciones), 4 (salida o regreso de puentes y festivos) y 6 (ocio).
- Furgonetas en uso profesional. Tenían los siguientes motivos de desplazamiento: 1 (durante su jornada de trabajo), 2 (dirigirse o regresar del lugar de trabajo).
- Otros usos: urgencias y otros.

Los resultados muestran que las distribuciones son muy semejantes en todos los años (con excepción del año 2001); aproximadamente un 60% de las furgonetas se desplazaban con motivo laboral, un 20% con motivo de ocio y un 20% con otros motivos. Sin embargo se puede apreciar un descenso paulatino a partir del año 2004 del porcentaje de furgonetas accidentadas cuyo motivo de desplazamiento estaba relacionado con causas laborales.

Al comparar furgonetas con turismos, se observa que en turismos el motivo

de desplazamiento mayoritario es de ocio, al contrario de lo que ocurre con las furgonetas, que es laboral (e independientemente del grupo al que pertenezca aquella).

En cuanto al grupo al que pertenecen las furgonetas accidentadas, los grupos 1 y 4 de furgonetas (pick-ups y derivados de turismo, más próximos a los todoterreno y turismos) presentan mayor porcentaje de desplazamientos por motivo de ocio que los vehículos de los grupos 2 y 3, más específicamente destinados al transporte de mercancías y menos versátiles que los primeros.

Respecto al día de la semana, las furgonetas accidentadas de los Grupos 1 y 4 presentan más de un 60% de desplazamientos de ocio en fin de semana (al contrario de lo que ocurre entre semana, en los que la motivación es mayoritariamente laboral). Esta misma tendencia en fin de semana se repite entre los grupos 2 y 3, aunque con porcentajes menos acusados.

En relación a la hora del día en que se produjo el suceso, se observa que en todos los grupos de furgonetas accidentadas, el tramo horario de mañana (desde las 8 h hasta las 16 h) es aquel en el que mayor proporción de vehículos con desplazamiento laboral se concentra, mientras que para los tramos de tarde-noche y nocturno las proporciones laboral/ocio son muy semejantes (proporciones de desplazamientos laborales inferiores a los del tramo diurno pero aun así mayoritarios en los grupos 2 -91%-, 3 -73%- y 4 -58%-).

En todos los grupos de furgoneta y para todos los motivos de desplazamiento, los conductores entre 26 y 45 años representan más de la mitad de los casos.

Para todos los grupos de furgonetas, se observan mayores frecuencias de conductores de edades más jóvenes en aquellas cuyo motivo de desplazamiento era laboral que en aquellas con motivación de ocio. En el lado contrario, los conductores con motivo de ocio presentan mayores proporciones entre aquellos cuyas edades eran superiores a 45 años.

El árbol de clasificación muestra que es el día de la semana en que ocurrió el suceso el que en primer lugar distingue los casos laborales de los de ocio:

En fines de semana hay más furgonetas accidentadas que se desplazaban con fines de ocio que laborales (57,4% frente a 42,6%),

Entre semana sucede lo contrario, los desplazamientos laborales suponen el 83,7% de los casos. En los accidentes de fin de semana, se obtiene que las furgonetas de grupos 2 y 3 se desplazaban mayoritariamente por motivos laborales (55,4% de los casos), mientras que el 72% de las de los grupos 1 y 4 lo hacían por ocio.

En los accidentes ocurridos entre semana, los conductores de más de 65 años de edad tienen como motivo de desplazamiento mayoritario (57,7%) el ocio, mientras que los de edades inferiores se desplazaban principalmente

por motivo laboral (85%).

Desde el análisis en profundidad retrospectivo resulta que las furgonetas accidentadas del G3 se emplean en menor medida para usos privado (37%) frente a las del G4 (59%). Junto a esto, las furgonetas en uso privado son más responsables del accidente (60%) frente a las que se mueven en jornada (38%).

De los resultados de los trabajos realizados se considera verificado el cumplimiento de esta hipótesis aunque variando según los días de la semana que se produce el accidente y con las franjas de edad de los conductores.

**HE5:** Diferentes ámbitos de actividades de estos vehículos: paquetería (urbana), paquetería (interurbana), desplazamientos autónomos etc. pueden presentar diferentes niveles de accidentalidad.

Del tratamiento estadístico de las preguntas pertinentes de la encuesta de movilidad por tipo de transporte realizado, se ha determinado que un gran porcentaje de los conductores encuestados declaran que no han sufrido ninguna colisión: el 83,4% en transporte de mercancías y el 85% en transporte mixto. En términos absolutos 599 de 3693 conductores han declarado que han sufrido alguna colisión en los últimos años.

Por tipo de vías preferentes o de mayor uso para los desplazamientos (más del 75%) se distingue una mayor frecuencia de al menos 1 colisión en las vías urbanas (16,76%) seguidas de autopistas y las autovías (15,74%). Solo el 10% declara que ha sufrido al menos 1 colisión en las vías nacionales y un 5,41% en vías comarcales.

La frecuencia de colisiones declaradas (599 casos) por tipo de mercancías indica que hay mayor número de casos entre los transportes de productos no perecederos (61 de 226= 27%) y de paquetería (86 de 352=24%).

De los datos surge que aunque reducido se encuentran una mayor cantidad de casos de vehículos de paquetería que realizan desplazamientos de gran cantidad de kilómetros diarios (12 casos de 352). También en el transporte de muebles (7 de 176) y de productos perecederos (6 de 469) en los intervalos de distancia de más de 500 km/día.

De los resultados de los trabajos realizados no es posible verificar el cumplimiento de esta hipótesis, si bien si se han encontrado algunos indicios que aconsejan profundizar en el estudio de este factor.

**HE 6:** La explotación a través de una flota de furgonetas puede presentar ventajas respecto al transporte utilizando vehículos pesados como consecuencia de las limitaciones de velocidad de estos últimos y ello conducir a transporte de larga distancia sometidos a presión de tiempo de recorrido, lo cual puede afectar tanto a la velocidad como a la jornada de trabajo y descanso de los

conductores.

Esta hipótesis no se puede contrastar de forma directa con los datos recogidos en la encuesta, porque no se han realizado las preguntas específicas que respondan sobre esta cuestión. Tampoco ha sido posible obtener dichos datos a través de los resultados de otros paquetes de trabajo, ni se han podido desarrollar otras actividades que permitieran verificarla. Sin embargo, algunos datos relacionados con la explotación y que fueron expuestos en las hipótesis precedentes, pueden dar indicios de que se pueden estar produciendo situaciones como las enunciadas en esta hipótesis.

Por ejemplo, en el estudio de la movilidad de los vehículos de la muestra, se han detectado un cierto número de conductores de furgonetas (1,1 %) de los encuestados que declaran realizar entre 500 y 1000 km diarios y un 0,22% que declara recorrer más de 1000 km en una jornada. De los conductores que declaran recorridos diarios tan importantes, el mayor porcentaje corresponde a furgones (representan el 62.5% de los casos de más de 1000 km y el 46,34% de los que recorren entre 500 y 1000 km); le siguen en orden de importancia los correspondientes a los grupos G2y G4 con porcentajes superiores al 26% en ambos casos. Aunque el número es un pequeño porcentaje de la muestra (49 de 3693), aceptando la representatividad de la muestra, y extrapolando los resultados al parque de furgonetas, el número de las que recorrerían las anteriores distancias diarias superaría las 30.000. En la muestra se ha detectado a 12 conductores de furgones que declaran recorrer entre 1000 y 2000 km en una jornada habitual.

De los resultados de los trabajos realizados no es posible verificar el cumplimiento de esta hipótesis, si bien si se han encontrado algunos indicios que aconsejan profundizar en el estudio de este factor.

## 17.4. CONCLUSIONES.

1. De un análisis puramente teórico del comportamiento dinámico de los vehículos, se comprueba que las furgonetas tienen mayor propensión, en general, a volcar que un turismo, dado que su relación entre la altura del centro de gravedad y la vía es mayor. Además, un aumento de la carga tiende a elevar el centro de gravedad sobre la configuración en vacío, con lo que la velocidad de vuelco será inferior. Adicionalmente, el aumentar la carga sobre el eje trasero hace disminuir, en general, el comportamiento subvirador de los vehículos o incrementar el comportamiento sobrevirador.

No obstante lo anterior, de los resultados de los tres tipos de estudios desarrollados no se ha encontrado una tendencia clara en cuanto al comportamiento virador al modificar la carga, respecto de los turismos, aunque sí en relación con el incremento de la

distancia de frenado y la influencia de la variación de la carga.

2. Las furgonetas presentan una implicación significativamente superior a los turismos en colisiones por alcance y en accidentes con maniobras súbitas del conductor seguidas de una pérdida de control. En este último caso, el exceso de carga, más propio de las furgonetas por sus condiciones de utilización, favorece la ocurrencia de accidentes con vuelco.
3. Las anteriores diferencias no son adecuadamente percibidas por colectivos amplios de conductores, los cuales, por otra parte, son habilitados para conducir estos vehículos sin ningún tipo de requisito adicional a los establecidos para conducir turismos.

En consecuencia, debería valorarse la conveniencia de establecer requisitos especiales a los conductores de furgonetas, en general o a determinados tipos como los furgones o camiones de hasta 3500 kg de MMA, realizando nuevos estudios que complementen los aquí expuestos si fuese necesarios.

4. El equipamiento de sistemas ABS y ESP ejerce una influencia significativa en la seguridad, siendo de especial importancia, en este tipo de vehículos, por sus características inerciales y de comportamiento virador, no obstante, la presencia en el parque, de vehículos que los equipan, es inferior a la de los turismos.
5. En relación con la posible circulación de vehículos sobrecargados, se destaca la coincidencia entre los datos de la encuesta de movilidad y usos y los de las inspecciones en carretera, que indican que hay indicios de sobrecarga en furgones y derivados de turismo. Este aspecto no puede considerarse despreciable desde el punto de vista de su posible influencia en los accidentes y víctimas. No obstante, dificultades encontradas para llevar a cabo una campaña de pesaje en carretera ha impedido realizar una valoración precisa de esta variable.

Por otra parte, la mayor causa de rechazos en ITV, de los sistemas de rodadura y, especialmente del eje delantero, podría deberse a frecuentes sobrecargas de los vehículos.

6. Dado el elevado porcentaje de rechazos de furgonetas, en inspecciones ITV, en una primera aproximación, puede concluirse que el mantenimiento del vehículo, incluido el realizado previamente a la inspección, es insuficiente en muchos casos.

Si bien el mantenimiento de los 3 sistemas de Grupo 8: Ejes, ruedas, neumáticos y suspensión es relativamente costoso, y ello podría explicar la insuficiencia de mantenimiento, en algunos casos, en el caso de luces y señalización (grupo 4) y de frenos (grupo 6)

la variable costo no es tan relevante, por lo que podría deberse a cierta subvaloración de la importancia del mantenimiento y su frecuencia, en este tipo de vehículos, por una parte de los usuarios.

Considerando que parte de las furgonetas están sometidas a un uso más intensivo que otro tipo de vehículo (mayor número de km/año) y, en ocasiones, con sobrecarga) estas pueden requerir operaciones de mantenimiento más frecuente y criterios diferentes para la frecuencia de inspecciones técnicas (km –tiempo).

7. De los resultados de las encuestas se desprende que los vehículos de los grupos G2 (camiones) y G3 (furgones) se ven implicados en más accidentes que los pertenecientes a los otros dos grupos, aunque la diferencia no es muy elevada. También se desprende que un porcentaje elevado de los conductores no aprecia diferencias en la forma que deben ser conducidos estos vehículos, respecto a los turismos.

En el conjunto de los accidentes con heridos, contenidos en la Base General de Accidentes de la DGT no se han apreciado diferencias estadísticamente significativas en relación con la frecuencia de accidentes que sufren las furgonetas de los diferentes tipos, no obstante del estudio de los accidentes en profundidad retrospectivo, con resultado de muertos, sí se aprecian diferencias entre ellos. Los vehículos de los grupos G3 y G4 son los representados mayoritariamente en esta muestra de accidentes más severos y dentro de ellos, las condiciones de carga afectan de manera más importante a los del grupo G3, destinados mayoritariamente a transporte de mercancías.

8. Un porcentaje muy elevado de los vehículos no instalan elementos de seguridad de gran interés, aunque, en líneas generales, la incorporación de sistemas de seguridad se ha incrementado en los últimos años. Los sistemas que más presencia tienen, según los datos obtenidos de la encuesta, son el control de crucero, el control electrónico de estabilidad y el airbag de pasajero. Los sistemas que más se han incrementado, según los datos obtenidos del IEA sobre furgonetas matriculadas, son el limitador de velocidad, el sistema ABS y el control electrónico de estabilidad.

Los conductores otorgan una alta valoración a la importancia de algunos sistemas para la mejora de la seguridad, especialmente al ABS y medidas de protección (airbag). Valoran menos la importancia del control de estabilidad y valoran poco los sistemas que pueden limitar su velocidad, o influir en su jornada de trabajo, como son el limitador de velocidad y el tacógrafo.

9. La incorporación de sistemas de seguridad activa al conjunto de la flota reduciría el número de accidentes en porcentajes significativos.

11. 10Un elevado porcentaje de los conductores de estos vehículos de los grupos G3 y G4, no utilizaban el cinturón de seguridad en el momento del accidente. Adicionalmente, y tomando en consideración datos de antigüedad de parque y de movilidad, analizados en otros puntos, se concluye que:
1. La antigüedad media de los vehículos que componen el parque de furgonetas es muy elevada y hace recomendable un plan que incentive su renovación; además, la edad efectiva de los vehículos tipo “furgoneta” se ve incrementada notablemente al ponderar su antigüedad real con la intensidad de su uso (km/año), entre 1,5 y 1,7 veces mayor que los turismos, provocando un efecto de envejecimiento más acelerado de los vehículos que aumenta la probabilidad de fallo de sus sistemas.
  2. La mayor accidentabilidad de las furgonetas, en comparación con el resto de vehículos, así como la mayor severidad potencial de los accidentes y sus consecuencias sobre las personas, requiere poner el foco en la difusión de sistemas de seguridad en este tipo de vehículos. El incremento en el ritmo de incorporación de equipamientos de seguridad en estos vehículos y, en consecuencia, la mejora en su accidentabilidad, aconseja una renovación significativa del parque por vehículos más modernos y mejor equipados.
  3. La crisis económica ha afectado en mayor medida al sector de vehículos comerciales, que ha sufrido un descenso en el volumen de matriculaciones superior al 62% desde 2007. Por tanto, se ha agravado la ralentización en la introducción de vehículos nuevos en el mercado. En consecuencia, el plan de renovación del parque de furgonetas podría contribuir significativamente a la reducción de los accidentes de este tipo de vehículos y sus consecuencias.
12. La formación específica recibida por los conductores es muy reducida en términos generales, la mayoría de ellos únicamente disponen del permiso de conducir B y, por tanto, su formación y requerimientos son los mismos que para conducir turismos.

No obstante, un porcentaje significativo de los conductores piensan que este tipo de vehículo se debe conducir de forma diferente a un turismo, este porcentaje que se eleva a un 72,33% en el caso de camiones y un 48,74 en el de furgones. Cuando la pregunta se asocia con carga, el 73% opina que el vehículo cargado se conduce de forma diferente a un turismo y cambian su estilo de conducción ya sea reduciendo la velocidad o aumentando la distancia de seguridad. El 27% de los conductores no cambian su forma de conducir.

13. El estudio de los accidentes mediante Minería de Datos, indica que hay diferencias de las furgonetas con los turismos, en accidentes (colisiones por alcance y accidentes con vuelco) en los que las variaciones de la carga pueden potencia las condiciones de riesgo por pérdida de control como consecuencia de la realización de maniobras súbitas, alcances y salidas de la vía. El estudio en profundidad retrospectivo verifica estos resultados entre grupos específicos de furgonetas.
14. Los ensayos dinámicos en pista indican que hay diferencias en el comportamiento dinámico según el estado de carga del vehículo. Esta consideración es coherente con las apreciaciones de los conductores. Además, consideraciones teóricas sobre la influencia de la altura del centro de gravedad y del efecto de la carga y simulaciones de la dinámica vehicular, permiten corroborar las diferencias entre furgonetas y turismos.
15. Un elevado número de conductores de furgonetas (más del 90%) realizan operaciones de carga y descarga. En el caso de furgones se acerca al 100%.

La mayoría de ellos considera que la realización de las tareas de carga y descarga puede afectar a la seguridad de la conducción y se destaca la opinión de que esta circunstancia es negativa para la seguridad en la conducción de camiones y furgones, por encima de la opinión de conductores de los otros dos grupos, lo cual se relaciona con la mayor capacidad de carga de aquellos vehículos.

El porcentaje de conductores que declara realizar un elevado número de cargas y descargas en el día es minoritario, aunque considerable si puede tener un efecto negativo en la seguridad.

El análisis indica que los conductores de camiones y furgones (G2 y G3) que realizan más operaciones de carga/descarga, en comparación con los de otros tipos, son, también, los que recorren mayores distancias.

De las declaraciones recogidas podría concluirse que los conductores de furgones son los más expuestos a presión como consecuencia de las exigencias de las tareas a realizar, ya que aparecen casi como casos únicos en intervalos de distancia mayores de 500 km, con un gran número de repartos y que declaran conducir más de 3 y hasta más de 5 horas sin parar.

16. No es posible asegurar que el colectivo de conductores con permiso de conducir obtenido en otros países esté ejerciendo una influencia significativa en el número de accidentes y víctimas con implicación de este tipo de vehículos, no obstante, se aprecia un incremento

de accidentes en los que están implicados conductores de otras nacionalidades, especialmente del Magreb y portugueses, estos últimos como causantes de accidentes y, también, una cierta sobre-representación de conductores de otras nacionalidades en accidentes en los que el consumo de alcohol o droga, y otras infracciones, pudo jugar un papel causante del accidente.

17. Un porcentaje relativamente elevado de los vehículos de los grupos G1 (pick up) y G4 (derivados de turismo), realizan transporte mixto. Los vehículos del G3 (furgones) son menos utilizados en este tipo de transporte. Los conductores que declaran realizar transporte mixto en fin de semana es 3,22 veces superior a los que indican que realizan dicho tipo de transporte en días laborables; esto sugiere que su utilización está relacionada, frecuentemente, a actividades de ocio. Los vehículos que transportaban personas en el momento del accidente son mayoritariamente de los grupos G1 y G4, en coherencia con la anterior conclusión.

Se han encontrado diferencias en cuanto a algunas circunstancias asociadas a los accidentes de las furgonetas que realizaban transporte mixto en el momento del accidente y aquellas que realizaban transporte de mercancías: tipos de accidente, vías, franja horaria y otras.

De la Base de Accidentes de la DGT se desprende que el 20 % de las furgonetas accidentadas se trasladaban, en el momento del accidente por motivos de ocio. Los vehículos de los grupos G1 y G4 son los más representados entre los de este porcentaje y suponen un 60% de los accidentados en el fin de semana.

Teniendo en cuenta que estos vehículos están concebidos y contruidos para ser utilizados, fundamentalmente, en el transporte de mercancías, su utilización con otros propósitos puede incurrir a estilos de conducción menos adecuados en relación con las condiciones de seguridad deseables.

18. Se han podido identificar los porcentajes de utilización de las furgonetas en diferentes sectores de actividad, aunque no ha sido posible establecer si existe o no relación entre estos usos y los accidentes de tráfico por dificultades relacionadas con la información disponible.

## 17.5. REFERENCIAS

- FURGOSEG. Proyecto de Investigación P24-08: Desarrollo de una metodología integrada para el análisis y evaluación de la accidentalidad de furgonetas. Informes Anuales.

## 18. RECOMENDACIONES

**Autores:** Francisco Aparicio Izquierdo y miembros del equipo investigador.

**R.1.** En tanto que se establece la obligatoriedad de la instalación de los sistemas de seguridad activa en todos los vehículos de nueva matriculación, influir en la generalización del ABS Y ESP, como equipamiento de serie en los vehículos de nueva matriculación, de los cuatro tipos definidos de furgonetas y especialmente en furgones y camiones e incentivar la instalación de otros sistemas de seguridad tanto activa como pasiva como los airbag de conductor y pasajero.

**R.2.** Fomentar la renovación del parque de furgonetas mediante programas del tipo PREVER para los tipos furgón y derivados, que presentan mayores índices de antigüedad y que están sujetos a condiciones de explotación bastante exigentes: kilómetros diarios recorridos, carga transportada, etc.

**R.3.** Deberían ampliarse las exigencias de formación para los conductores especialmente los de los grupos G2 (camiones) y G3 (furgones), incluyendo conocimientos específicos para la conducción de furgonetas, aunque puede no ser necesario modificar el requisito actual respecto al tipo de permiso de conducción necesario para éstos. Esta formación debería orientarse a asegurar el conocimiento, por los conductores, de las diferencias de comportamiento entre este tipo de vehículos y los turismos, especialmente en los aspectos relativos a la influencia de la carga y su estiba, tanto en el comportamiento dinámico del vehículo como de las posibles consecuencias en caso de colisión.

**R.4.** Elaborar un documento informativo en relación con los efectos de la sobrecarga, kilómetros recorridos y otros factores de uso de los vehículos (frenadas frecuentes e intensas, etc.) en el deterioro de los sistemas vehiculares, así como la posible influencia de éste en los accidentes, y ponerlo a disposición de los usuarios de las furgonetas. La distribución podría realizarse a través de los talleres e ITV y estas empresas, a través de sus asociaciones podrían colaborar en la realización, y financiación de la publicación. También podrían ser invitadas las empresas aseguradoras, o algunas de ellas como patrocinadores.

**R.5.** Establecer condiciones específicas, similares a las de los vehículos de mayores dimensiones, para los vehículos autorizados para el transporte de mercancías o mixto para largos recorridos, incluyendo limitador de velocidad y tacógrafo, especialmente en furgones y camiones.

**R.6.** Realizar campañas especiales de vigilancia del cinturón de seguridad por parte de los conductores de furgonetas y, especialmente los de los grupos G3 y G4.

**R.7.** Llevar a cabo campañas de pesaje en carretera para verificar o refutar la hipótesis relativa a la frecuencia de circulación con sobrecarga o carga mal estibada, que se mantiene abierta y, en su caso, adoptar las medidas oportunas.

**R.8.** El análisis de la influencia de los tiempos de conducción y descanso en la seguridad de la conducción de este tipo de vehículos, con la circunstancia particular de simultanear las labores de conducción con las de carga y descarga, que realiza la gran mayoría de conductores, desborda el objeto de este trabajo. De los datos analizados se desprende la conveniencia de desarrollar nuevos trabajos de investigación para evaluar la posible influencia sobre los accidentes de tráfico de los tiempos de conducción y descanso, cuando los conductores se ocupan, también, de las tareas de carga y descarga, teniendo en cuenta tanto en número de éstas como el tipo de mercancías, especialmente su peso, por su influencia en el cansancio de los conductores.

**R.9.** Debería analizarse la conveniencia de establecer normas especiales, relativas a jornada laboral y tiempos de conducción y descanso, para vehículos del G3 (furgones) y, posiblemente del G2, (camiones). Adicionalmente y en función de los resultados del trabajo que se propone en la anterior recomendación, en el caso de ser ejecutado, debería considerarse la situación, o situaciones, derivadas del desarrollo simultáneo de tareas de carga y descarga.

**R.10.** Realizar un seguimiento especial de los accidentes con implicación de conductores extranjeros, para evaluar su evolución y contrastar los indicios encontrados en el presente trabajo respecto incremento en los últimos años y su sobre-representación en accidentes mortales y en las estadísticas relativas a determinadas infracciones.

**R.11.** Llevar a cabo nuevos estudios que permitan realizar una mejor evaluación de la influencia del uso de las furgonetas con fines de ocio en los accidentes y víctimas. En base a los datos actuales, incluir este tema en campañas de información para incrementar la atención que deben prestar los conductores de las furgonetas a las condiciones de riesgo que pueden presentarse en función del uso del vehículo.

**R.12.** Desarrollar posteriores estudios que permitan evaluar si existen diferencias significativas en los comportamientos accidentológicos de las furgonetas en función de los sectores de actividad a los que se destinan y las causas, en su caso.

**R.13.** Para contribuir a la armonización de carácter nacional e internacional relativa a vehículos y al conjunto de normativas que le son de aplicación, sería aconsejable establecer definiciones precisas de los vehículos normalmente incluidos en la definición genérica de furgoneta diferenciando entre tipos con características análogas. La clasificación realizada en este proyecto podría constituir un buen punto de partida para mejorar las clasificaciones y definiciones existentes.

# EQUIPO INVESTIGADOR

## 1. Investigador principal:

**Francisco Aparicio Izquierdo**

## 2. Datos de contacto del investigador principal

Entidad: INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN DEL AUTO-MÓVIL (INSIA), de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (UPM)

Puesto que desempeña: Director. Catedrático de Universidad.

Formación: Doctor Ingeniero Industrial

## 3. Composición del equipo de investigación:

### **POR INSIA – UPM (coordinador del proyecto):**

- Francisco Javier Páez Ayuso
- José Manuel Mira
- Felipe Jiménez Alonso
- Blanca Arenas Ramírez
- Arturo Furones Crespo
- Alexandro Badea Romero
- Angel L. Martín López
- Antonio Espejo Tamajón
- Beatriz Vallés Fernández
- Edinalva Gomes Bastos,
- Elisa Gallego Tellechea
- Fernando Acosta Martínez
- Francisco Jiménez Ruiz

### **POR TRANSyT – UPM:**

- Andrés Monzón de Cáceres
- Alvaro García Castro
- M<sup>a</sup> Eugenia López Lambas
- Julio Comendador Arquero
- Pedro J. Pérez Martínez
- Giulia Dell'Assin
- Maë Millen,
- Sara Hernández del Olmo,
- Yang Wang,

### **POR ISVA – UC3M:**

- Vicente Díaz López
- Jose Luis San Román García
- Beatriz López Boada
- María Jesús López Boada
- Antonio Gauchía Babé
- Ester Olmeda Santamaría
- Daniel García-Pozuelo Ramos
- Susana Sanz Sánchez
- Yolanda Colas Escandón

### **POR IEA:**

- Miguel Aguilar Esteban
- Ana Sánchez Ares
- Juan Albizu Lalaurie
- Nieves Domínguez Sánchez
- Vicente del Pozo Diago
- Elena Pezuela Robles
- Juan Ignacio Díaz Lázaro
- Antonio Antón Díaz
- Alejandro Oviedo Romero