



**Universidad
Zaragoza**

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE TERUEL

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E INGENIERÍA DE SISTEMAS

INGENIERÍA TÉCNICA EN TELECOMUNICACIONES

ESPECIALIDAD SISTEMAS ELECTRÓNICOS

TRABAJO FIN DE CARRERA

“ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE LA GRAVEDAD DE LOS
ACCIDENTES PARA SISTEMAS INTELIGENTES DE
TRANSPORTE”

Autor: Marcos Buñuel Ayala

Director: Francisco J. Martínez

Junio 2012



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE TERUEL

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E INGENIERÍA DE SISTEMAS

INGENIERÍA TÉCNICA EN TELECOMUNICACIONES

ESPECIALIDAD SISTEMAS ELECTRÓNICOS

TRABAJO FIN DE CARRERA

“ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE LA GRAVEDAD DE LOS
ACCIDENTES PARA SISTEMAS INTELIGENTES DE
TRANSPORTE”

Autor: Marcos Buñuel Ayala

Director: Francisco José Martínez Domínguez

TRIBUNAL

Presidente: Guillermo Azuara Guillén

Secretario: Francisco José Martínez Domínguez

Vocal: Fernando Naranjo Palomino

CALIFICACIÓN:

FECHA:

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
PALABRAS CLAVE	7
1 INTRODUCCIÓN	8
2 BASE TEÓRICA	10
2.1 COMUNICACIONES. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE	10
2.1.1 Comunicaciones vehiculares: motivos de su origen	10
2.1.2 Introducción a las redes Ad-Hoc.....	11
2.1.3 Introducción a las redes VANET	12
2.1.4 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)	13
2.1.5 Evolución de la tecnología móvil.....	14
2.1.5.1 1G: La primera generación de teléfonos celulares	14
2.1.5.2 2G: El nacimiento de las redes GSM y GPRS.....	15
2.1.5.3 3G: El verdadero uso del Internet móvil	16
2.1.5.4 4G: Las redes de alta velocidad	17
2.1.6 ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte)	18
2.1.6.1 Implantación de los ITS	18
2.1.6.2 ITS en distintos métodos de transporte	19
2.1.6.3 Evolución de los ITS en Europa	19
2.1.6.4 ITS en vehículo e infraestructura.....	22
2.2 SERVICIOS DE EMERGENCIAS. SEGURIDAD VIAL.....	23
2.2.1 Introducción	23
2.2.2 “Hora de oro” en el accidente	24
2.2.3 Evolución de la petición de rescate	25
2.2.3.1 El sistema de llamada de emergencia eCall.....	27
2.2.4 Servicios de emergencias en el futuro.....	28

2.3	TRÁFICO Y EL ACCIDENTE	30
2.3.1	El tráfico. Consideraciones previas.....	30
2.3.2	Prevención del accidente y responsabilidades	30
2.3.3	Accidente de tráfico	31
2.3.4	El concepto normativo de accidente de tráfico	31
2.3.5	Accidente: caso fortuito o por fuerza mayor	34
2.3.6	Evolución en el espacio y tiempo del accidente	34
2.3.7	Elementos del accidente.....	35
2.3.7.1	La vía.....	36
2.3.7.2	El vehículo	36
2.3.7.3	El conductor	37
2.3.8	Clases de accidentes de tráfico	38
2.3.9	Dinámica del accidente.....	41
2.3.10	Investigación de accidentes.....	41
3	BASES DE DATOS DE ACCIDENTES.....	43
3.1	BASES DE DATOS DE ÁMBITO NACIONAL	43
3.1.1	ARENA (Accidentes: Recogida de información y Análisis)	43
3.1.2	GES (General Estimates System)	43
3.1.3	Diferentes ejemplos en países de Europa	44
3.1.4	Esquema de bases de datos de ámbito nacional	44
3.2	BASES DE DATOS DE ÁMBITO EUROPEO	45
3.2.1	CARE (Community Road Accidents Database)	45
3.2.2	CASPER (Child Advanced Safety Project for European Roads)	45
3.2.3	EACS (European Accident Causation Survey)	46
3.2.4	ECBOS (Enhanced Coach and Bus Occupant Safety)	46
3.2.5	ECMT (European Conference of the Ministers of Transport).....	46
3.2.6	ETAC (European Truck Accident Causation Study)	46

3.2.7	Eurostat (Statistical Office of the European Communities)	46
3.2.8	MAIDS (Motorcycle Accident In-depth Study).....	47
3.2.9	PENDANT (Pan-European Coordinated Accident and Injury Database) .	47
3.2.10	RISER (Roadside Infrastructure for Safer European Roads).....	47
3.2.11	SafetyNet.....	48
3.2.12	DaCoTA (Data Collection, Transfer and Analysis).....	48
3.2.13	Esquema de bases de datos de ámbito europeo	48
3.3	BASES DE DATOS DE ÁMBITO INTERNACIONAL.....	50
3.3.1	IRTAD (International Road Traffic Accident Database)	50
3.3.2	IRF (International Road Federation)	50
3.3.3	UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)	51
3.3.4	Esquema de bases de datos de ámbito internacional	51
4	ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE LA GRAVEDAD DE LOS ACCIDENTES.....	52
4.1	TIPOS DE DATOS RELATIVOS A LOS ACCIDENTES	52
4.2	MAPAS ACCIDENTOLÓGICOS.....	53
4.2.1	España	53
4.2.2	Europa	55
4.3	ESTADÍSTICAS PRINCIPALES DE SINIESTRALIDAD EN ESPAÑA	57
4.4	FACTORES CONCURRENTES EN EL ACCIDENTE.....	69
4.4.1	La velocidad	69
4.4.2	La tasa de alcohol.....	70
4.4.3	Uso del cinturón o casco	71
4.5	COMPARACIÓN CON LA BASE DE DATOS EUROPEA.....	73
4.6	ÍNDICE DE GRAVEDAD	75
4.6.1	Datos admisibles en la estimación de la gravedad	76
4.6.2	Cálculo del índice de gravedad.....	77
4.7	ESTUDIO DE MODELOS DE ACCIDENTES.....	82

4.8	TRATAMIENTO AUTOMÁTICO DE ACCIDENTES	84
5	CONCLUSIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	88

RESUMEN

Cuando se produce un accidente de tráfico, es inevitable pensar si la actuación de los servicios de emergencias ha sido la adecuada o si se puede mejorar. En este trabajo fin de carrera, se realiza un análisis completo y exhaustivo de los accidentes de tráfico, con el fin de conseguir identificar de forma automática la gravedad del suceso ocurrido, lo que permitirá una mejor y más rápida respuesta de los servicios de rescate.

Para ello, es necesario comprender lo que es un accidente, los elementos y factores que intervienen, y las clases de accidentes que se producen. La estimación de la gravedad, se basará en las diversas variables que hacen referencia a distintos parámetros del vehículo, que podrán ser recogidas en el momento del suceso, así como de los datos históricos de accidentes almacenados en bases de datos de accidentes.

Del mismo modo, se profundiza sobre cómo han evolucionado los ITS (Sistemas de Transporte Inteligentes), se analiza la comunicación entre vehículos, así como las bases de datos de accidentes existentes identificando con cuáles se puede trabajar para implementar el proyecto. Con dicho análisis, se obtiene una información fidedigna de la situación, que servirá para una posterior comunicación rápida y eficiente a través de los canales apropiados asociados a los servicios de emergencias. El presente estudio, aplicado a las redes vehiculares, hará que nuestros sistemas de transporte sean más inteligentes y seguros, siendo capaces de predecir y reaccionar ante situaciones de emergencia de forma eficaz y rápida.

PALABRAS CLAVE

Modelado de accidentes, sistemas de transporte inteligente, seguridad en vehículos, sistema avanzado de ayuda, investigación de accidentes, dispositivo inteligente de asistencia, predicción de accidentes.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, es evidente que la siniestralidad en los accidentes de tráfico sigue siendo alta y esto supone un gran problema para la sociedad.

Año tras año se está consiguiendo reducir el número de víctimas, gracias a la aplicación de multitud de medidas por parte de la DGT (Dirección General de Tráfico) que están concienciando a los conductores. Otra parte, y no menos importante, es la gran contribución que representan las innovaciones tecnológicas que incluyen los vehículos para ayudar al conductor y los pasajeros.

El objetivo de este proyecto es ayudar a mejorar los ITS (Sistemas de Transporte Inteligentes) mediante el estudio de los accidentes de tráfico, basándonos en identificar la gravedad de los accidentes a través de distintos parámetros del vehículo así como bases de datos existentes, para que se pueda realizar una comunicación eficiente a través de los canales apropiados asociados a los ITS.

Cuando hablamos de ingeniería, la investigación y el desarrollo es la principal característica que la define. Todo tipo de avance tecnológico, está relacionado directamente con un estudio previo.

En este caso, la existencia de distintos tipos de vehículos, el papel que juega el factor humano y las distintas clases y estados de las carreteras, nos hacen pensar que se generan distintos modelos de accidentes de tráfico y es necesario aportar estudios que ayuden a mejorar los ITS (Sistemas de Transporte Inteligentes), avanzando así reducir la siniestralidad.

En base a las estadísticas de accidentes actuales, se deduce que una forma de mejorar los ITS debe ser reducir el tiempo de rescate en un accidente. Se puede pensar, que los vehículos incorporen sistemas que reúnan datos compuestos por los extraídos de bases de datos de anteriores accidentes y los proporcionados por los propios sensores del vehículo, automatizando el proceso por el cual se comunica el accidente y su gravedad, llegando a la conclusión de que así estaríamos reduciendo dicho tiempo de rescate.

En países como España, en las zonas rurales en las que, tanto la población como la intensidad del tráfico son bajas, cuando ocurre un accidente la ayuda puede llegar muy tarde porque se ha tardado mucho en comunicarlo. En ocasiones, la comunicación se produce de forma anómala, debido a las distintas llamadas al centro de emergencias con versiones confusas de lo acontecido que hacen que lleguen al lugar del accidente más medios de los necesarios, con lo cual se están utilizando mal unos recursos que son limitados y se hace necesaria mejorar dicha comunicación, tanto en tiempo como en forma.

También es un hecho constatado, el problema que supone para la sociedad actual la siniestralidad vial, lo que hace que los gobiernos muestren su apoyo a las

iniciativas que ayudan a mejorar dichas cifras, y esto crea nuevas áreas de investigación y un mercado que actualmente se encuentra al alza.

Así pues, el presente documento se estructura de la siguiente forma: el capítulo segundo hace referencia a la base teórica y está compuesto por tres apartados.

El primer apartado, nos introduce en las comunicaciones vehiculares, las redes Ad-Hoc y VANET, veremos qué son los sistemas WAVE, abordará la evolución de la tecnología móvil y finalizará revisando el concepto y desarrollo de los ITS. En el segundo apartado, se explicará todo lo relacionado con la seguridad vial y los servicios de emergencias, comentando temas como la hora de oro en el accidente, la tendencia de dichos servicios y cómo se espera que sean en un futuro. Con el tercer apartado, finalizamos la base teórica profundizando en la teoría del accidente, donde comprenderemos principalmente qué es el tráfico y el accidente, su normativa, qué elementos lo componen, cómo evoluciona, las clases, la dinámica y cómo se investigan los daños en el vehículo.

En el tercer capítulo, como parte imprescindible para nuestro objetivo de analizar los accidentes de tráfico para poder estimar la gravedad de los mismos, es necesario familiarizarnos con las bases de datos de accidentes más relevantes a nivel nacional, europeo e internacional.

En el cuarto capítulo, alcanzaremos el objetivo del proyecto, aportando un método de estimación automática de la gravedad de los accidentes. Para conseguirlo, comenzaremos conociendo cuáles son los tipos de datos que nos podemos encontrar sobre un accidente y decidiremos cuáles son los adecuados para nuestro objetivo. También crearemos mapas accidentológicos y trabajaremos con las estadísticas más importantes a nivel nacional, conociendo cómo influyen en el accidente diversos factores concurrentes como la velocidad, el alcohol y el uso del cinturón o casco. Compararemos los principales datos de siniestralidad vial de España con los datos más interesantes extraídos de la base europea CARE.

Con todos estos datos, estaremos preparados para estimar la gravedad del accidente por medio del cálculo de un índice, basado en la información del vehículo en el momento del accidente y en la información de bases de datos de anteriores accidentes. Comprobaremos, con casos de accidentes verídicos extraídos de la base de datos GES, si el índice de gravedad propuesto se acerca a la realidad del suceso. Finalmente, mostraremos cómo se puede dar un tratamiento automático a los accidentes, para facilitar y acelerar las tareas de rescate.

En el último capítulo presentaremos las conclusiones más importantes del proyecto, realizado con el propósito de atenuar el problema que suponen los accidentes de tráfico para la sociedad actual, de aportar claridad, e identificar y comprender mejor los accidentes de tráfico.

2 BASE TEÓRICA

Se ha estructurado la base teórica en diversos apartados, en los que se va a desarrollar el estudio realizado comenzando por las comunicaciones y los sistemas inteligentes de transporte, continuando con los servicios de emergencia, y finalizando con el tráfico y el accidente.

2.1 COMUNICACIONES. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Las nuevas tecnologías de comunicación, están revolucionando el ámbito del transporte. Muchos servicios que hasta hace poco tiempo eran inviables debido a la no disponibilidad de conectividad inalámbrica a Internet ahora toman sentido con las nuevas posibilidades que se nos ofrecen. Actualmente, la calidad de las conexiones y la cobertura de las redes han mejorado mucho, no obstante, tanto empresas como universidades siguen trabajando en su evolución.

Por todo esto y por su gran impacto en la seguridad vial, es importante abordar dicho tema en este apartado, donde vamos a conocer las posibilidades existentes de comunicación que tan estrechamente relacionadas están con los ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte).

Finalizaremos el apartado, exponiendo qué son los ITS, cómo han evolucionado y su relación con los vehículos.

2.1.1 Comunicaciones vehiculares: motivos de su origen

En el pasado, la tendencia era construir coches potentes y seguros basados en avanzados materiales y plagados de sensores.

La aparición de la tecnología de comunicación inalámbrica abrió un amplio abanico de posibilidades. Entre todas ellas, surgió la de incorporar a los coches dicha tecnología con el claro objetivo de que pudieran comunicarse entre sí, permitiendo por medio del intercambio de información, mejorar la seguridad vial y la eficiencia de la conducción.

En el futuro, los coches podrán actuar como enrutadores para formar redes ad-hoc de vehículos interconectados vía inalámbrica.

Aplicado al objetivo de nuestro estudio, los coches transmitirán información del accidente, pero cabe pensar que esta comunicación se puede aprovechar para muchas otras aplicaciones en las que se mejore la seguridad activa. Por ejemplo, la oportuna comunicación de señales de advertencia sobre una posible colisión, una velocidad excesiva en una curva, fallas en las condiciones del vehículo... Estas aplicaciones, pueden emplearse incluso para permitir que el vehículo intente de forma automática evitar el accidente o para que reaccione de mejor manera en caso de que sea inevitable.

El hecho de que se produzcan tantas posibilidades de aplicación y las ventajas que supone usar este tipo de comunicaciones motivan el investigar en esta área.

No obstante, las comunicaciones entre vehículos necesitan apoyarse de protocolos y conexiones fiables.

2.1.2 Introducción a las redes Ad-Hoc

Las redes Ad-hoc, son redes formadas por dispositivos capaces de comunicarse entre ellos sin la necesidad de disponer de ningún tipo de infraestructura física ni de ninguna administración centralizada [Rem04].

Las redes Ad-hoc son redes muy flexibles, donde todos los dispositivos actúan como emisores y receptores y ofrecen los servicios de encaminamiento para permitir la comunicación en la red.

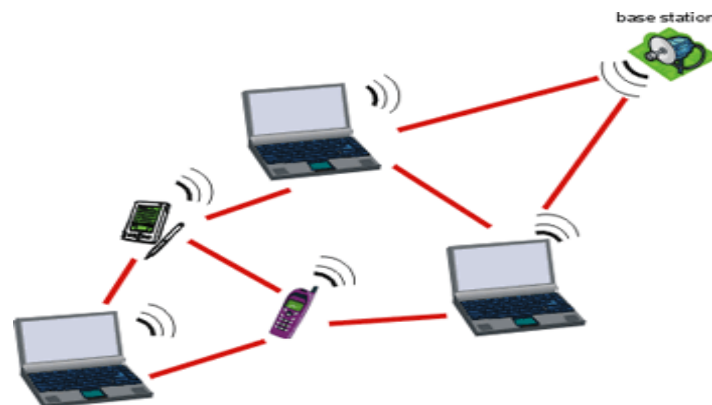


Fig. 1 Ejemplo de una red Ad-hoc.

Estas redes pueden funcionar de una manera autónoma, formando redes aisladas, o algunos de sus dispositivos pueden hacer las funciones de Gateway para la conexión a otras redes tanto celulares como fijas.

Un tipo de red Ad-hoc es la denominada red MANET (Mobile Ad-Hoc Network), cuya principal característica es que los nodos que la componen son móviles.

Las características más significativas de las redes MANET son las siguientes [BasCon04]:

- No requieren la existencia de ningún tipo de infraestructura para poder operar, puede tener su propio conjunto de protocolos de gestión de red, de encaminamiento, de establecimiento de comunicación e intercambio de información.
- Topología de red dinámica compuesta por nodos móviles.
- Gran variabilidad de las condiciones de propagación en el canal radio debido a la energía de transmisión variable de los nodos, a los efectos de interferencia entre dispositivos y a la topología dinámica que presenta esta red.

- Ancho de banda limitado, ya que los enlaces radio presentan una capacidad más reducida que los enlaces cableados.

- Comunicación multi-salto (multi-hop). La comunicación se basa en enlaces con múltiples saltos, cada uno de ellos con diferentes condiciones de propagación radio-eléctrica a través de los diferentes nodos de la red.

- Utilización de baterías, como fuente de energía con vida útil limitada, en los dispositivos que están pensados para trabajar en redes Ad-hoc.

- Protocolos de comunicación distribuidos, no dependen de una entidad central que se encargue de la gestión o administración de la red.

2.1.3 Introducción a las redes VANET

Las redes VANET (Vehicular Ad-hoc Network) son un tipo de red MANET (Mobile Ad-hoc Network). Se considera que MANET representa sobre todo un campo de investigación académico, mientras que el término VANET está más enfocado a una aplicación en concreto de éstas [Veh12, MarCan09].

En VANET, los nodos se corresponden con vehículos que se mueven de forma arbitraria y que realizan comunicaciones entre ellos “vehicle to vehicle” (V2V).

Al tratarse de un tipo de red basado en Ad-hoc, no existe un coordinador para las comunicaciones, aun cuando la infraestructura vial puede proporcionar puntos de acceso a la red fija y por lo tanto un sistema centralizado de comunicación.

Cabe la posibilidad, de dotar a dicha red de una conexión hacia internet “vehicle to infrastructure” (V2I) a través de un equipo fijo próximo que formara parte de la red, al igual que hoy acceden nuestros terminales móviles a Internet a través de HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) o UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).



Fig. 2 Ejemplo de red VANET

Entre las aplicaciones más destacables que nos ofrecen las redes VANET [Sot09]:

- Seguridad: sucede un accidente, un vehículo lo detecta y comunica las coordenadas a los vehículos posteriores para que estos puedan modificar su conducción.
- Conducción eficiente: los vehículos en una congestión envían la información de su estado a otros vehículos para que modifiquen su ruta.
- Ocio: los ocupantes de diferentes vehículos se pueden comunicar y transferir ficheros.
- Medidas medioambientales: los vehículos en una retención pueden modificar las características de combustión del motor para emitir menos gases perjudiciales para el medio ambiente.
- Aviso de vehículos de emergencias.
- Servicios multimedia.

2.1.4 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)

WAVE es una familia de estándares diseñados para la comunicación entre vehículos en las carreteras y fue desarrollado por U.S. D.O.T. (Department of Transportation). Se trata de una extensión del estándar IEEE 802.11 de comunicación inalámbrica.

WAVE se compone de 4 estándares de la familia IEEE 1609 [lee09].

- IEEE P1609.1 WAVE - Resource Manager. Describe la arquitectura de WAVE y el flujo de datos. También precisa el formato de los mensajes de comando y el formato de la información almacenada.
- IEEE P1609.2 WAVE - Security Services for Applications and Management Messages. Especifica el formato de los mensajes de seguridad y su procesamiento. El estándar también define las circunstancias para usar los mensajes de seguridad y cómo estos mensajes deben ser procesados.
- IEEE P1609.3 WAVE - Networking Services. Este estándar concreta la capa de red y la capa de transporte, incluyendo el direccionamiento y el algoritmo de ruteo para soportar el intercambio de datos de WAVE. También define Wave Short Message como una alternativa al IPv6 que ocupan otras aplicaciones.
- IEEE P1609.4 WAVE - Multi-Channel Operations. Este estándar provee mejoras en la capa de acceso al medio (MAC) del protocolo IEEE 802.11 para que soporte la operación de WAVE.

WAVE describe las capas PHY y MAC del sistema de comunicaciones para el entorno vehicular. Asimismo, la norma define 7 canales no solapados de 10MHz, en la banda de los 5.9GHz: 6 canales de servicio (SCH) y uno de control (CCH) [UzcSuc09].

El CCH es utilizado como canal de referencia donde se realiza una primera detección de los vehículos cercanos, como paso previo al establecimiento de las comunicaciones, al mismo tiempo que es utilizado para anunciar los servicios disponibles en los canales SCH (acceso a Internet, descarga de mapas, etc.).

Un sistema WAVE está compuesto por “Road Side Units” (RSUs) y “On Board Units” (OBUs). Por defecto, las unidades que componen WAVE operan de forma independiente, intercambiando información a través de un canal de radio fijo “Control Channel” (CCH). Por lo tanto, WAVE soporta las comunicaciones V2V y V2I [MarToh10].

- Las RSUs son nodos fijos que tienen la función básica de enviar, recibir y retransmitir paquetes para aumentar el rango de cobertura de la red. También pueden ofrecer acceso a Internet, al encontrarse conectadas a la red fija de algún operador. De esta forma, las RSUs permiten a los vehículos estar conectados a la infraestructura fija, de modo que cualquier unidad de aplicación puede conectarse a Internet.
- Las OBUs son dispositivos electrónicos que se instalan en los vehículos para poder comunicarse con otros vehículos o con la infraestructura.

2.1.5 Evolución de la tecnología móvil

Los Mobile Radio Telephones fueron los primeros teléfonos móviles que existieron. Incluían las tecnologías PTT (Push to Talk), MTS (Mobile Telephone System), IMTS (Improved Mobile Telephone System) y AMTS (Advanced Mobile Telephone System), y fueron denominada 0G. Eran unos radioteléfonos disponibles como un servicio comercial conectado a la red de telefonía fija. Estos teléfonos móviles generalmente eran montados en autos o camionetas, aunque también se fabricaron modelos de bolsillo. Motorola en alianza con Bell operó el primer servicio de telefonía móvil comercial (bajo MTS) en los Estados Unidos en 1946, como un servicio de Bell [Mob12].

2.1.5.1 1G: La primera generación de teléfonos celulares

1G es la abreviación para la telefonía móvil de primera generación. Estos teléfonos utilizan tecnología analógica y fueron lanzados en los 80. Entre los estándares de 1G están [Kor03]:

- NMT (Nordic Mobile Telephone) usado en los países nórdicos, Holanda, Europa del Este y Rusia entre otros.

- AMPS (Advanced Mobile Phone System) en Norte América y Australia.
- TACS (Total Access Communications System) en el Reino Unido.
- C-450 en Alemania oriental, Portugal y el sur de África.
- Radiocom 2000 en Francia.
- RTMI (Radio Telefono Mobile Integrato) en Italia.
- TZ-801, TZ-802, TZ-803 y JTACS (Japan Total Access Communications System) en Japón.

2.1.5.2 2G: El nacimiento de las redes GSM y GPRS

La 2G, o segunda generación de telefonía móvil, tuvo su llegada alrededor de 1990 con el despliegue de la tecnología GSM (Global System for Mobile Communications). Se utiliza la modulación digital para mejorar la calidad de voz, pero los servicios que ofrece la red son limitados. Esta generación dio vida al SMS (Short Message Service), a una mayor capacidad de envío de datos desde dispositivos de fax y módem, y a la encriptación de los datos.

Los estándares en 2G se pueden dividir dependiendo del tipo de multiplexado usado en [Kor03]:

- Basados en TDMA (Time Division Multiple Access):
 - o GSM.
 - o PDC (Personal Digital Cellular).
 - o IDEN (Integrated Digital Enhanced Network).
 - o D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System).
- Basados en CDMA (Code Division Multiple Access).

La principal limitación del sistema GSM fue su ancho de banda de transmisión de datos, que tiene un máximo de 9600 bps [Gsm12].

El hecho de que las expectativas de los usuarios cambiaran tan rápidamente, motivó que la tecnología evolucionara, dando lugar a un paso intermedio hacia el 3G, conocido como 2.5G y 2.75G, donde se incorporan algunas de las mejoras del estándar 3G, como es el caso de GPRS (General Packet Radio Service) y EDGE (Enhanced Data Rates GSM of Evolution) en redes 2G con tasas de transferencia de datos superiores al 2G, pero inferiores al 3G.

El GPRS tuvo su desarrollo entre 2001 y 2004. Podía dar velocidad de datos de hasta 115 Kbps y se usaba para servicios como SMS, WAP (Wireless Application Protocol), MMS (Multimedia Messaging System), para el email y el acceso a la web [Kor03].

EDGE, también conocido por EGPRS (Enhanced GPRS), se basa en un nuevo esquema de modulación llamado 8PSK donde se alcanza una velocidad de transmisión de hasta 384 Kbps en modo de paquetes, con lo cual cumple los requisitos de la Unión internacional de las telecomunicaciones para una red 3G [Kor03].

Los beneficios de EDGE sobre GPRS se pueden ver en las aplicaciones que requieren velocidad de transmisión altas, como vídeo u otros servicios multimedia.

La definición de EDGE, si es de 2G o 3G, depende de su implementación, mientras la clase 3 e inferiores, claramente no son 3G, la clase 4 y superiores sí lo son [Enh12].

2.1.5.3 3G: El verdadero uso del Internet móvil

La generación 3G tuvo su llegada alrededor del 2004. Coexiste con la 2G, con lo cual en principio se pensó en la itinerancia entre distintos operadores y tipos de redes (roaming), pero esto nunca se ha conseguido a nivel internacional. Permite la transmisión de datos a alta velocidad a través de técnicas avanzadas en conmutación de circuitos y de paquetes. Soporta tecnología IP (Internet Protocol) y ATM (Asynchronous Transfer Mode) lo que posibilita el acceso a Internet, y en general aplicaciones multimedia móviles, con servicios personalizados y basados en la localización de usuarios.

El 3G puede ofrecer velocidades hasta 2 Mbps, pero sólo bajo las mejores condiciones y en modo estacionario (usándolo con un router en nuestra casa), si se utiliza a grandes velocidades, por ejemplo en la carretera, el ancho de banda puede ser reducido hasta a 144 Kbps [Umt12].

Los distintos entes involucrados en los sistemas 3G han propuesto básicamente dos sistemas: el UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), que constituye la visión europea siendo la evolución lógica del GSM, y el CDMA2000 (Code Division Multiple Access 2000), que tiene su área de influencia en Estados Unidos.

La evolución del UMTS se dio en el 2006 con la llegada del HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) o 3.5G, y se trata de un estándar que mejora sensiblemente la transmisión con velocidades entre 14 Mbps y 3.6 Mbps. Permite disfrutar de unas velocidades de hasta 384 Kbps a unos cuarenta usuarios por celda, o a más de cien personas con tasas de 100 Kbps [Mil04].

Posteriormente, apareció el 3.75G conocido por HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) que es un protocolo que mejora el HSDPA en la tasa de transferencia de subida. La combinación de ambos es calificada como HSPA (High Speed Packet Access).

2.1.5.4 4G: Las redes de alta velocidad

La cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil, es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G y está basada completamente en el protocolo IP.

En 2009, la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) establece que para que un sistema sea 4G se deben lograr velocidades de acceso de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta a punta de alta seguridad, que permitirá ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible.

Por su parte, la ITU indicó en 2010 que tecnologías consideradas 3G evolucionadas, como lo son WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) y LTE (Long Term Evolution), puedan ser consideradas tecnologías 4G [4g12].

En la actualidad, se trabaja con las últimas revisiones de WiMax y LTE denominadas WiMax-2 y LTE-Advanced (release 10), donde sí se cumplen las exigencias para considerarlas 4G.

LTE-Advanced se ha destacado de su competidor principalmente porque es la que han elegido los operadores móviles de todo el mundo. Esto se debe a que es retrocompatible con la versión anterior de LTE, haciendo que la actualización de la red sea más sencilla. También la industria se decanta por proyectos LTE.

En el siguiente cuadro podemos comparar las velocidades de transferencia máximas teóricas que ofrecen dichas tecnologías:

	LTE	WiMax	LTE-Advanced	WiMax-2
Pico bajada	300 Mbps	128 Mbps	1 Gbps	330 Mbps
Pico subida	75 Mbps	64 Mbps	500 Mbps	112Mbps

Tabla 1 Velocidades máximas teóricas LTE / WiMax

Si nos preguntamos, ¿cómo se logra el aumento de velocidad entre LTE y LTE-Advanced? La respuesta es aumentar el ancho de banda en frecuencia. Si LTE tiene como máximo 20 MHz, en LTE-Advanced un mismo dispositivo móvil se conecta a varias estaciones base a distintas frecuencias, hasta agregar un máximo de 5 que harán que obtengamos 1Gbps.

La tasa de transferencia se reduce cuando nos encontramos en movimiento, pero como dato de interés para futuras aplicaciones de nuestro estudio, cabe destacar que en Japón la empresa NTT DoCoMo, fue la primera en experimentar con la tecnología 4G alcanzando 100 Mbps en un vehículo a 200 km/h [Tel12].

Uno de los importantes beneficios de LTE-Advanced es la capacidad de tomar ventaja de la topología avanzada de las redes; redes optimizadas heterogéneas con

una mezcla de macros con nodos de bajo consumo como picoceldas, femtoceldas y nuevos nodos de retransmisión.

Los avances tecnológicos siguen su camino y ya se investiga en dirección a LTE-Advanced (release 11), donde se pretende incrementar la capacidad y la cobertura que ya se ha conseguido en LTE-Advanced (release 10).

2.1.6 ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte)

La incorporación de los ITS, Intelligent Transport Systems, representa la innovación y el desarrollo en los medios de transporte.

Los ITS se pueden definir como un conjunto de aplicaciones avanzadas dentro de la tecnología informática, electrónica y de comunicaciones que, desde un punto de vista social, económico y medioambiental, están destinadas a mejorar la movilidad, seguridad y productividad del transporte, optimizando la utilización de las infraestructuras existentes, aumentando la eficiencia del consumo de energía y mejorando la capacidad del sistema de transporte [Sis10].

Si observamos en las carreteras, veremos que ya podemos encontrar implantadas tecnologías ITS, como por ejemplo el telepeaje interoperable, la seguridad integral en túneles, el soporte a la viabilidad invernal y los sistemas de información a usuarios.

El sector del transporte es un pilar básico de la economía y la competitividad en los países pero también está a la cabeza cuando hablamos de contaminación. Con la implantación de los ITS, vamos a conseguir que los sistemas sean más eficientes lo cual se traducirá en menores consumos, debido por ejemplo, a la provisión de información en tiempo real al vehículo de tipo topográfico o del estado del tráfico.

2.1.6.1 Implantación de los ITS

La implantación de los ITS contribuye significativamente a resolver problemas presentes en los sistemas de transporte. No obstante, es necesaria la colaboración de los gobiernos en la creación de las infraestructuras necesarias para que la explotación de las tecnologías ITS supongan un impacto significativo.

Una implantación adecuada de los ITS trata de alcanzar los siguientes objetivos fundamentales [Sis10]:

- Mejora de manera sostenible en la seguridad de las personas y mercancías involucradas o afectadas por el transporte y el tráfico.
- Optimización de la explotación de los recursos de transporte, atendiendo a su capacidad, disponibilidad, fiabilidad, etc., tanto de manera individual para cada modo de transporte, como conjuntamente.

- Armonización, estandarización, definición de compatibilidades entre sistemas y claridad en su presentación al usuario. Para este punto se tienen en cuenta aspectos económicos, socio-culturales y ecológicos.

2.1.6.2 ITS en distintos métodos de transporte

En este campo, el transporte aéreo es el modo de transporte que actualmente se encuentra más desarrollado y que ofrece un mayor nivel de seguridad, debido a las necesidades de ordenación del espacio aéreo, con sistemas de localización y control de vuelo en las relaciones entre aviones y aeropuertos. Cabe mencionar algunos ejemplos que han contribuido al desarrollo del citado medio, como son los sistemas de ayuda a las maniobras de aterrizaje y despegue de aeronaves, las radiobalizas, los sistemas de ayuda a la navegación y los sistemas radar.

También desde su origen, por razones de seguridad, el ferrocarril ha necesitado regular su circulación. Por ejemplo, la tecnología GSM-R (Global System for Mobile communications for Railways), permite la conectividad celular eficiente en trenes.

En el transporte marítimo, son decisivos los sistemas radioeléctricos de ayuda a la navegación terrestres o por satélite junto con los sistemas de radar, para la detección de obstáculos evitando la colisión con ellos.

En el transporte por carretera, los ITS suponen un gran avance en materia de seguridad. La incorporación de sistemas de este tipo en los automóviles supone una gran ayuda a los usuarios y les dota de nuevas capacidades de predicción y reacción ante situaciones de emergencia.

2.1.6.3 Evolución de los ITS en Europa

❖ Etapa inicial: 1984-1994

En sus primeros pasos, existe un especial interés en el desarrollo de la telemática para la mejora de la seguridad vial. Todos los esfuerzos se enfocan en esta parcela, dando lugar al programa DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle safety in Europe).

Desde mediados de los 80, los principales programas de ITS de Europa han sido patrocinados y/o coordinados por una progresión de organizaciones supranacionales. Entre ellas destacan las siguientes [Sis10]:

- EUREKA. Establecida en 1985 como una iniciativa de coordinación de investigación de 19 naciones europeas. Su objetivo fue estimular la investigación y desarrollo cooperativos entre industrias y gobiernos en Europa.
- En 1988, la Comunidad Europea adoptó DRIVE. Sus metas fueron identificar las mejoras potenciales de la seguridad en la carretera y reducir

la congestión en la red de carreteras europeas mediante el apoyo y explotación de la investigación y desarrollo de tecnologías de información y telecomunicaciones.

- ERTICO. Establecida en 1991, es una asociación público-privada cuyo objetivo principal es la implantación de los sistemas ITS en el ámbito europeo, representando los intereses de la industria manufacturera, operadores de carretera, proveedores de servicio, operadores de telecomunicaciones y administradores públicos. ERTICO es la contraparte europea de organizaciones tales como ITS América y VERTIS.

❖ Etapa de consolidación: 1994-2001

Diciembre 1993: El Consejo Europeo, con el objetivo del desarrollo de los ITS, impulsa la creación de dos grupos de trabajo, para el análisis de las redes de información por un lado, y las redes de energía y transportes por otro.

Junio 1994: En el Consejo Europeo de Corfú, se presentan sus propuestas en las que se insta a avanzar urgentemente en la Sociedad de la Información y las Comunicaciones y a desarrollar acciones en telemática asociadas al transporte, especialmente en los sectores de la carretera y el tráfico aéreo.

Octubre 1994: “Resolución del Consejo sobre Telemática en el Sector del Transporte”, en la que se apunta en la dirección fundamental de homogeneizar y normalizar los diferentes sistemas y procesos en el marco europeo como condición necesaria para lograr la compatibilidad, interoperabilidad y eficiencia del sistema.

Septiembre 1995: Surge un nuevo Grupo de Alto Nivel, como consecuencia de la comunicación en noviembre de 1994 sobre Aplicaciones Telemáticas del Transporte en Europa de la Comisión al Parlamento y al Consejo Europeos. Este grupo recibió las directrices de concentrarse en desarrollar los sistemas de servicios telemáticos garantizando la interoperabilidad en todo el ámbito europeo, definiendo y desarrollando los estándares necesarios.

1994-1998 y 1998-2002: Los Programas Marco IV y V de I+D dan soporte al desarrollo de las siguientes iniciativas y estrategias [Sis10]:

- RDS-TMC o servicio de información del estado del tráfico, con interoperabilidad e intercambio de datos entre países.
- Campo del peaje electrónico (pórticos de peaje).
- Gestión de datos en tiempo real, especialmente asociado a mercancías.
- Mejorar la interfaz hombre-máquina.
- Avanzar en la arquitectura de los sistemas telemáticos.

- Servicios de información general y asistencia durante el viaje (estado del tráfico, incidencias, existencia de peajes, meteorología, tramos de concentración de accidentes o áreas de alto nivel de contaminación o polen).
- Oficinas de operación y control del tráfico urbano.
- Mejorar el resto de servicios de los otros modos de transporte urbano.
- Sistemas de mejora, potenciación y priorización de los servicios de transporte colectivo.
- Sistemas de control y seguridad activa en los vehículos.

En los proyectos del IV Programa Marco se engloban los aspectos más generales referidos a la gestión, la viabilidad técnica, la normalización, la capacidad operativa de los sistemas o el grado de aceptación de los mismos mientras que en los proyectos del V Programa Marco se ha avanzado en la parte más práctica y de implantación de estos sistemas.

❖ Etapa posterior al Libro Blanco del Transporte: 2001-2013

Septiembre 2001: Se publica el Libro Blanco de Políticas del Transporte en Europa y en 2006 se realiza una revisión de los objetivos planteados. Supuso el apoyo definitivo de la Unión Europea al sector del transporte, con nuevos puntos de vista principalmente en seguridad, sostenibilidad, medioambiente, internalización de costes, intermodalidad y eficiencia.

2002 y 2005: Planes de acción eEurope, resultaron ser muy importantes ya que han facilitado la aplicación de nuevas soluciones, acelerando su desarrollo y apostando por la necesidad de contar con la iniciativa privada. Algunos de los objetivos de estos planes de acción son [Sis10]:

- Al menos un 50% de las grandes ciudades europeas deberían disponer de un servicio de información y gestión del tráfico.
- Igualmente, al menos un 50% de las principales autopistas europeas tendrían que contar con sistemas de detección de incidentes y de congestión, además de sistemas de gestión de tráfico.
- Todos los vehículos puestos a la venta en Europa tendrían que contar con sistemas de seguridad activos.
- Se debería avanzar, mediante acciones legislativas, en la consecución del cielo único europeo, las comunicaciones móviles ferroviarias, los sistemas marítimos de información y el proyecto de navegación civil europeo Galileo.

2002-2006: Programa Marco VI de I+D que compone la primera fase de ejecución para las actuaciones planteadas.

2010: i2010 strategy, se trata de la continuación de los planes de acción eEurope desde donde se aportan actualmente iniciativas.

2007-2013: Programa Marco VII de I+D que compone la segunda fase de ejecución para las actuaciones planteadas.

2007-2013: EasyWay, propuesta conjunta de los Estados Miembros dividida en tres fases (2007-2009, 2010-2011 y 2012-2013), cuyo principal objetivo es asegurar la continuidad y calidad de los servicios ofrecidos gracias a una completa difusión de los ITS en Europa, de manera que sean compatibles y armonizados. Las principales áreas de trabajo desarrolladas, comprenden los sistemas de intercambio y difusión de información de tráfico, y los sistemas de gestión y control de tráfico.

2.1.6.4 ITS en vehículo e infraestructura

Los sistemas embarcados en los vehículos tienen la principal función de interactuar con el conductor, con el objetivo de proporcionarle ayuda en la tarea de conducción [Sis10].

Estos sistemas los podemos clasificar dependiendo del nivel de ayuda que proporcionan en:

- ADAS: Sistemas Avanzados de Ayuda a la Conducción (Advanced Driver Assistance Systems), que facilitan información a nivel táctico y operacional de la conducción, como por ejemplo el control de velocidad.
- IVIS: Sistemas de información en el vehículo (In Vehicle Information Systems), que aportan información de tareas secundarias, como por ejemplo el sistema de navegación.

La incorporación de los ITS a la infraestructura, aportan información al conductor que le permite reducir los retrasos en el tiempo de viaje. La vigilancia avanzada del tráfico, los sistemas de control de señales y los sistemas de ordenación de las principales vías, permiten reducciones muy significativas en estos tiempos.

Numerosos estudios realizados para algunas ciudades europeas señalan que para el año 2017 la implantación de los ITS habrá propiciado la reducción de hasta un 25% en los tiempos de viaje, consiguiéndose así una disminución de los costes de operación y posibilitando una mayor productividad del sistema de transporte [Sis10].

2.2 SERVICIOS DE EMERGENCIAS. SEGURIDAD VIAL

Dado el impacto económico que suponen los accidentes de tráfico y el uso anómalo de los servicios de emergencia para la sociedad actual, se hace necesaria la búsqueda de fórmulas que incrementen la seguridad vial y ayuden a realizar un buen uso de unos medios que son limitados.

Cuando el accidente ocurre, es de vital importancia que la comunicación a los servicios de emergencias sea, tanto en tiempo, como en forma, lo más rápida y clara posible, y es ahí donde se deben incorporar los ITS con todas sus posibilidades.

En consecuencia, es importante abordar dicho tema en este apartado, donde se introduce tanto a los servicios de emergencia como a la seguridad vial, y entraremos en materia con cuestiones como la hora de oro en el accidente, la tendencia de dichos servicios y cómo se espera que sean en un futuro.

Añadir que con nuestro propósito por contribuir para mejorar los ITS, vamos a favorecer que por medio de su aplicación se haga un uso más eficiente de los servicios de emergencias.

2.2.1 Introducción

En la seguridad de los vehículos y pasajeros, intervienen diversos factores entre los que son destacables el conocimiento de las condiciones de la carretera, tener un apropiado tiempo de respuesta por parte de los servicios de emergencias, los procedimientos de prevención de accidentes y las comunicaciones de los accidentes.

Antes, la mayoría de los sistemas de seguridad, como puede ser el de peligro de colisión, estaban basados en sensores que analizaban el estado de la zona y ahora los sistemas modernos, con la inclusión de las comunicaciones inalámbricas, basan su conocimiento en los datos que se les proporciona por dicho medio, lo que dota a los vehículos de un sexto sentido. Además tiene la ventaja de ser una forma económica de introducir nuevos mecanismos de seguridad en los vehículos sin encarecerlos.

El que los conductores obtengan información sobre el tráfico y puedan compartirla va a repercutir muy positivamente en materia de prevención, pero también es determinante en la mejora de los procesos una vez ocurrido el accidente.

Cabe pensar la influencia que tiene dicha información de un accidente ocurrido, como puede ser la ubicación, el número de pasajeros y su estado, velocidad, airbag, tipo de choque,... dando a los servicios de emergencias y a las autoridades información clara y precisa de la gravedad del suceso acontecido, lo que se traduce en un tiempo de respuesta rápido, y un uso eficiente de los servicios de emergencias.

2.2.2 “Hora de oro” en el accidente

En países como España, en las zonas rurales en las que tanto la población como la intensidad del tráfico son bajas, cuando ocurre un accidente la ayuda llega muy tarde porque se ha tardado mucho en comunicarlo.

El 75% de las muertes de tráfico se concentran en los primeros 60 minutos tras un accidente. Es la llamada “hora de oro”, durante la que se podrían evitar más muertes mediante una asistencia sanitaria rápida y adecuada [Oro12].

La “hora de oro”, es el tiempo dentro del cual los servicios médicos tienen la mayor posibilidad de salvar vidas. Si se superan los 60 minutos de tiempo transcurrido desde el momento del accidente hasta que el paciente llega a la mesa de operaciones, las posibilidades de supervivencia caen abruptamente [MarToh10].

En la figura 3 se muestra una cronología de la “hora de oro” una vez ocurrido el accidente, donde observamos que la llegada de la ayuda médica se produce en unos 15 minutos, el acceso inicial a los heridos y su tratamiento se inicia a los 25 minutos y el transporte de los heridos al hospital se lleva al cabo de 50 minutos.

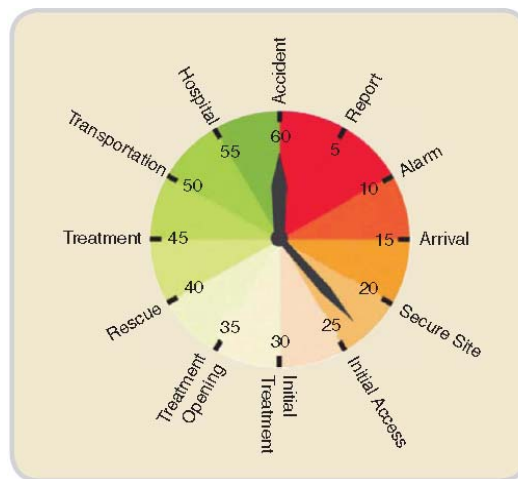


Fig.3 Hora de oro

Esto nos da una idea clara de lo crítico que es el tiempo cuando sucede un accidente, así que podemos decir que cualquier tecnología o estudio que se aporte en este sentido estará contribuyendo a salvar vidas.

Para que se pueda realizar el rescate de forma rápida, existen unos datos que podemos considerar básicos para los servicios de emergencias como son el modelo, su año de fabricación y los datos de la estructura del vehículo.

Actualmente, en un 25% de los rescates no se identifica o se identifica mal al fabricante del vehículo, en un 45% no se identifica correctamente el modelo y en un 65% se desconoce el año de fabricación [Oro12].

En la figura 4, podemos ver cómo influyen las características de los vehículos accidentados llegando a alterar la duración del rescate en dependencia con su antigüedad.

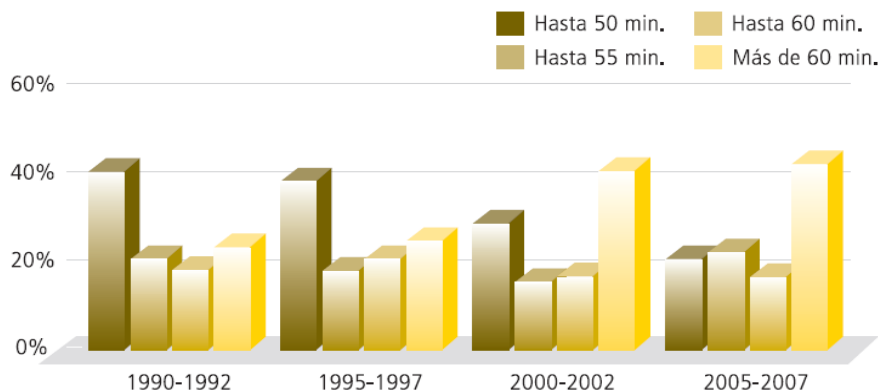


Fig. 4 Duración del rescate dependiendo de la antigüedad del vehículo

Fuente: RACC Automóvil club

Al contrario de lo que podríamos pensar, podemos deducir de la figura 4, que el rescate en vehículos antiguos se suele realizar con mayor rapidez que en modelos nuevos. Esto se debe a la elevada carga tecnológica en los modelos nuevos, que complica la labor de los servicios de asistencia a la hora de abrir el automóvil y rescatar a sus ocupantes.

2.2.3 Evolución de la petición de rescate

Las necesidades de la sociedad cambian con el paso del tiempo debido en parte al progreso de la tecnología. Es necesario que los servicios de emergencia también progresen para dar un mejor servicio y en la forma de conseguirlo, es básico aprovechar la evolución de las comunicaciones.

Los servicios de emergencia han ido cambiando su función con el paso del tiempo. De sólo transportar heridos, se pasó a realizarles un tratamiento básico, y actualmente se puede realizar un tratamiento avanzado en el transporte al hospital.

Por este motivo, el que los servicios de emergencias obtengan una información rápida y precisa del accidente supone un gran paso para su eficacia y es aquí donde entran en juego las comunicaciones y su evolución.

En la petición de rescate a través de llamada por telefonía móvil, un testigo del accidente llama a la policía pidiendo ayuda e informando sobre el accidente y es entonces cuando la policía coordina a los servicios médicos, bomberos,... para que se personen en el lugar del accidente [MarToh10].

Cabe pensar, que en ocasiones se puede producir de forma anómala, debido a las distintas llamadas al centro de emergencias y policía con versiones confusas de lo acontecido por parte de los presentes en el momento del accidente. Esto provoca que lleguen al lugar del accidente más medios de los necesarios, con lo cual se están

utilizando mal unos recursos que son limitados y se hace necesaria mejorar dicha comunicación tanto en tiempo como en forma.

En la figura 5, podemos ver un gráfico que hace referencia a dicha petición de rescate a través de llamada por telefonía móvil.

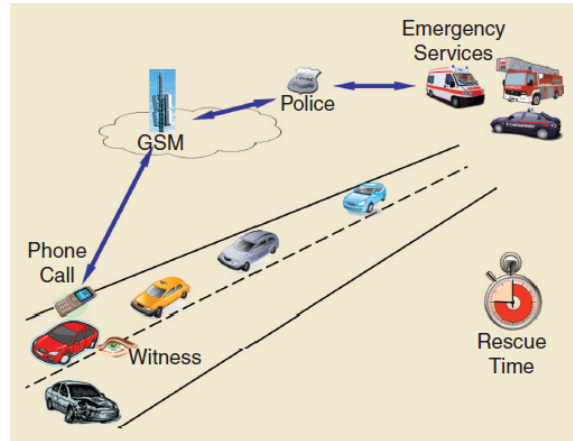


Fig. 5 Petición de rescate a través de llamada por telefonía móvil

Para administrar rápidamente un rescate, es necesario pensar en un sistema que notifique rápidamente el accidente al centro de emergencias más cercano, y que envíe datos de lo sucedido informando sobre la gravedad para así poder hacer uso de los recursos que sean necesarios.

Esos datos se pueden conseguir a través de los sensores del vehículo como por ejemplo si un airbag se dispara, si el vehículo ha volcado, la velocidad y desaceleración, los daños mecánicos en el vehículo, el modelo de vehículo, el número de pasajeros, los cinturones de seguridad, la ubicación,...

Actualmente, la Unión Europea junto a la industria de la automoción ha desarrollado un sistema de llamadas de emergencia a bordo, denominado eCall, el cual podemos observar en la figura 6.

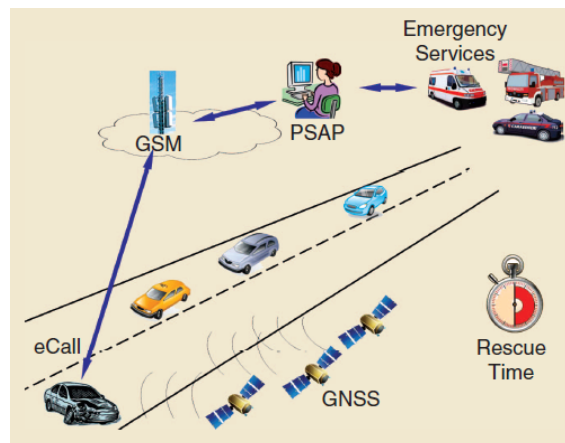


Fig. 6 Petición de rescate a través de eCall

2.2.3.1 El sistema de llamada de emergencia eCall

El eCall consiste en un sistema de llamada de emergencia que va integrado en el coche y cuenta con tecnología GPS (Global Positioning System) y GSM/GPRS/UMTS. Permite realizar llamadas de emergencia, de forma manual o automática, y que el vehículo sea localizado en su posición exacta tras sufrir un accidente [BerZar05].

El funcionamiento es el siguiente:

- Se produce un accidente, entonces los sensores alertan al sistema eCall y se realiza una llamada automática a un “Centro de recepción de llamadas de emergencia (112)” o PSAP (Public Service Answering Point). El sistema eCall también se puede activar de forma manual si es necesario.
- El sistema transmite al PSAP un mensaje con los denominados “Datos Esenciales MDS” (Minimum Data Set), que indican entre otras cosas, la posición exacta del vehículo, el modelo y color de éste,...
- En ese momento, la llamada y el mensaje con los datos esenciales pasan a través de un operador de telecomunicaciones, el cual, comprueba que realmente es una llamada de emergencia y añade los datos de identificación de la persona o CLI (Caller Line Identification).
- Todos estos datos llegan al centro de recepción de emergencias, que emite automáticamente un mensaje al sistema del vehículo confirmando la recepción de los datos.
- Tras recibir la llamada, el MSD y el CLI, los servicios de emergencia se ponen en acción para poder llegar al lugar del accidente lo antes posible. Si además, el propietario del vehículo tiene contratado un Proveedor de Servicios privado (SP), el sistema eCall enviará un mensaje con los “Datos Completos” (Full data set FSD) al proveedor de servicios, el cual lo transmitirá al centro de emergencias, pudiendo mejorar así la atención y asistencia a los heridos.

Con el sistema eCall, el tiempo de respuesta se reduciría en un 50% en zonas interurbanas y en un 40% en zonas urbanas, reduciendo así la gravedad de las lesiones y el número de fallecidos. Este último, podría reducirse entre un 5% y un 15% en toda la Unión Europea y más concretamente, en España, el número de víctimas mortales bajaría entre 270 y 820 víctimas, mientras que de 2.600 a 4.000 heridos graves pasarían a ser leves gracias a este sistema [Eca07].

El RACC (Real Automóvil Club de España) realizó un estudio del que se desprende que el 66% de las muertes en accidentes de tráfico se producen en los 20 primeros minutos, pudiendo reducirse en un 11% si el tiempo de reacción disminuye

en el caso de las muertes, y de en un 12% en el caso de los discapacitados [BerZar05].

En un principio, la Unión Europea estableció el despliegue voluntario en todos los vehículos del sistema eCall en 2009 y luego lo aplazó hasta 2010. Actualmente, sólo un 0,7% de los vehículos cuentan con un sistema de llamada de emergencia por lo que finalmente, con la “Recomendación de la Comisión Europea del 8 de septiembre de 2011” se estableció que el sistema eCall se instale en todos los modelos nuevos de vehículos y vehículos ligeros a partir del año 2015.

2.2.4 Servicios de emergencias en el futuro

En el futuro, el método de notificación de accidentes cambiará con la introducción de las redes vehiculares. Los nuevos sistemas de transporte inteligente combinarán la comunicación V2V y V2I, consiguiendo mejorar el tiempo de rescate y con ello los servicios de emergencias.

En la figura 7 podemos observar esquematizado el futuro método de petición de rescate [MarToh10].

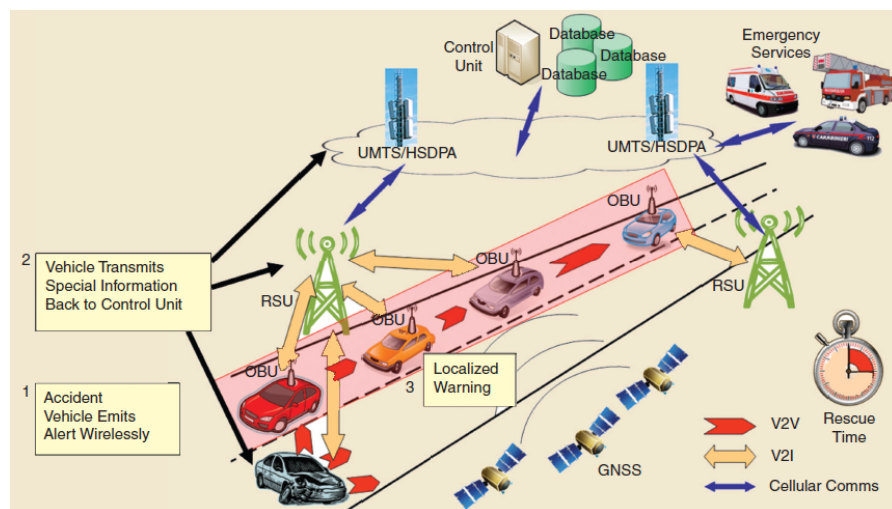


Fig. 7 Petición de rescate en el futuro

Como se muestra en la figura 7, la información del accidente recopilada puede ser entregada a la “Unidad de Control” que automáticamente estima la gravedad del accidente y los recursos necesarios para el rescate antes de convocar a los servicios de emergencias. Es en este punto donde marcamos el objetivo de este estudio, porque a través de la investigación de los accidentes aportaremos información que pueda ser utilizada para dicha estimación.

Observamos en la figura 7, comunicaciones V2V y V2I posibles gracias a la tecnología WAVE (OBUs en cada vehículo y RSUs en la infraestructura) que nos conectará vía UMTS/HSDPA actualmente y con 4G (LTE-Advanced) en el futuro a la “Unidad de control” que estimará la gravedad del accidente y convocará a los

servicios de emergencias en base a datos de anteriores accidentes y la información que proporcione el vehículo en el momento del accidente.

La combinación de distintos tipos de comunicación inalámbrica, añade robustez y fiabilidad a dicho esquema futuro para la petición de rescate.

En un futuro próximo, será necesario el esfuerzo y la participación de los departamentos de Estado, organismos públicos y la industria para implementar la tecnología e infraestructura, necesaria para conectar todos los vehículos en la carretera y los servicios de emergencia.

2.3 TRÁFICO Y EL ACCIDENTE

Debido al tema de estudio, es necesario llegar a comprender los accidentes de tráfico de forma básica y para ello en este apartado vamos a desarrollar una serie de conceptos como son qué es el tráfico y el accidente, su normativa, qué elementos lo componen, cómo evoluciona, las clases, la dinámica y cómo se investigan los daños en el vehículo.

2.3.1 El tráfico. Consideraciones previas

Si nos preguntamos cómo se originó el tráfico, llegaremos a la conclusión de que surgió por la necesidad de trasladar mercancías y personas.

Como consecuencia del tráfico, se obtienen innumerables ventajas:

- Para la economía, el tráfico de mercancías es una característica principal. El estado de sus comunicaciones, es básico en el desarrollo de una región y la evolución de su economía.
- En la sociedad actual, el vehículo es un artículo de primera necesidad. Se convierte en un elemento indispensable para un gran número de personas, tanto si pensamos en el trabajo, como en el ocio.

Pero asociadas a estas ventajas, aparecen los inconvenientes:

- El continuo aumento del número de automóviles agrava el problema de estacionamiento en grandes ciudades.
- Es evidente, que el aumento del parque automovilístico origina un mayor tráfico, lo que se traduce en una mayor complejidad para conducir, y a su vez ocasiona mayores posibilidades de sufrir accidentes. En consecuencia, los accidentes de tráfico ocasionan un elevado coste social y sanitario para los países, por indemnizaciones e invalideces.

2.3.2 Prevención del accidente y responsabilidades

Generalmente, siempre que se piense en prevención, se debe abordar el origen del problema, adoptando medidas que eviten las causas que generan los accidentes.

Desde las administraciones locales, autonómicas y estatales se aportan los planes necesarios para disminuir los conflictos. La administración:

- Educa al peatón, conductor y usuario, le exige unas determinadas aptitudes para autorizarle a conducir.
- Crea las normas de comportamiento mediante las oportunas disposiciones legales.
- Establece las condiciones ergonómicas adecuadas de los medios de tráfico, desde la configuración y empleo de las vías, hasta su señalización. Regula

también, las condiciones técnicas de los vehículos y sus accesorios, así como sus requisitos para circular.

- Una vez ocurrido el accidente, atenúa los efectos producidos, creando redes de asistencia rápida e impulsando la seguridad pasiva y reformando la vía. A su vez, crea el mecanismo judicial que castiga al culpable.

La conducta adecuada del conductor se exige a través de la policía de tráfico, que compatibilizan la función disciplinaria del tráfico con la averiguación de las causas de los accidentes, la instrucción del documento judicial y la redacción estadística.

2.3.3 Accidente de tráfico

Tratado de forma genérica, el accidente es un suceso fortuito que altera el orden de las cosas y que involuntariamente origina daños en las personas u objetos. Si dichos daños se producen voluntariamente estaremos hablando de un delito, por ejemplo, cuando un conductor atropella a un peatón intencionadamente.

Accidente de tráfico es aquél que sobreviene en las vías de circulación con ocasión del tránsito de vehículos [BorAlg91].

Avería es una anomalía del elemento mecánico que no necesariamente desemboca en siniestro y por lo tanto, no genera daños a terceros [BorAlg91].

Si el origen del accidente se encuentra en un fallo mecánico, entonces la avería es la causa del accidente.

Lo clasificaremos como accidente de tráfico, si se reúnen unas circunstancias:

- Eventual y no intencionado.
- Como consecuencia o con ocasión del tráfico.
- Con intervención de al menos un vehículo gobernado o no.
- Con creación de una situación impropia del habitual tránsito de la circulación.
- Como consecuencia del mismo se producen muertes, lesiones en las personas y o daños en las cosas.
- Si al menos participa directa o indirectamente una persona.

Unidad de tráfico es toda persona que haga uso de la vía pública con o sin vehículo, cualquiera que sea éste [BorAlg91].

2.3.4 El concepto normativo de accidente de tráfico

La Orden de la Presidencia del Gobierno de 13 de marzo de 1981 reguló en un principio la estadística de accidente de circulación. La sucesiva publicación de la Ley 12/89 de 9 de mayo de la Función Estadística Pública y del Real Decreto Legislativo 339/90 de 2 de marzo, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre

Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, obligaron a modificarla. Así que ésta fue derogada, y en la actualidad se encuentra vigente la Orden de la Presidencia del Gobierno de 18 de febrero de 1993 [Ord93].

En dicha orden se establece como accidente de tráfico el que reúne las siguientes circunstancias:

- Producirse, o tener su origen, en una de las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial.
- Resultar a consecuencia de los mismos:
 - o Una o varias personas muertas o heridas.
 - o Sólo daños materiales.
- Estar implicado al menos un vehículo en movimiento.

Se considera que un vehículo está implicado en un accidente de circulación, cuando concurren una o varias de las circunstancias detalladas a continuación:

- Entrar el vehículo en colisión con:
 - o Otro u otros vehículos, en movimiento, parados o estacionados.
 - o Peatones.
 - o Animales.
 - o Otros obstáculos.
- Sin haberse producido colisión, haber resultado, como consecuencia del accidente, muertos o heridos el conductor y/o algún pasajero del vehículo, o haberse ocasionado sólo daños materiales.
- Sin haberse producido colisión con el vehículo, estar éste parado o estacionado en forma peligrosa, de modo que constituya uno de los factores del accidente.
- Sin haber sufrido el vehículo directamente las consecuencias del accidente, constituir el comportamiento del conductor o de alguno de los pasajeros uno de los factores que han provocado el mismo.
- Haber sido arrollado el conductor o un pasajero del vehículo por otro en el momento en que subía o descendía de él, en cuyo caso ambos vehículos se consideran implicados en el accidente.

Se consideran las siguientes excepciones a que un vehículo está implicado en un accidente de circulación:

- Haber sido arrollado el conductor o un pasajero de un vehículo por otro cuando ya se alejaba del primero, en cuyo caso sólo el vehículo que efectuó el atropello se considera vehículo implicado en el accidente y el atropellado, peatón.

- Haber sido atropellado un peatón que irrumpe en la calzada oculto por un vehículo parado o en marcha, en cuyo caso este vehículo no se considera implicado en el accidente, a menos que se encuentre en alguna de las situaciones descritas en el apartado de consideraciones de que un vehículo esté implicado en un accidente de circulación.

A los efectos de esta estadística se considera como:

- Accidente con víctimas: Aquél en que una o varias personas resultan muertas o heridas.
- Accidente mortal: Aquél en que una o varias personas resultan muertas dentro de las primeras veinticuatro horas.
- Accidente con sólo daños materiales: Aquél en que no se han ocasionado ni muertos ni heridos.
- Víctima: Toda persona que resulte muerta o herida como consecuencia de un accidente de circulación.
- Muerto: Toda persona que, como consecuencia del accidente, fallezca en el acto, o dentro de los treinta días siguientes. El número de fallecidos durante las primeras veinticuatro horas se determinará mediante el seguimiento de todos los casos; el de los fallecidos dentro de los treinta días se determinará, hasta el momento en que esté plenamente garantizado el seguimiento real de todos los heridos durante ese período, aplicando a la cifra de muertos a veinticuatro horas el factor de corrección que se deduzca del seguimiento real de una muestra representativa de heridos graves, que, al menos cada cuatro años, realizará la DGT, bajo la supervisión del Consejo Superior de Tráfico y Seguridad de la Circulación Vial.
- Herido: Toda persona que no ha resultado muerta en un accidente de circulación, pero ha sufrido una o varias heridas graves o leves.
- Herido grave: Toda persona herida en un accidente de circulación y cuyo estado precisa una hospitalización superior a veinticuatro horas.
- Herido leve: Toda persona herida en un accidente de circulación al que no puede aplicarse la definición de herido grave.
- Conductor: Toda persona que, en las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, lleva la dirección de un vehículo, guía animales de tiro, carga o silla, o conduce un rebaño.
- Pasajero: Toda persona que, sin ser conductor, se encuentra dentro o sobre un vehículo.

- Peatón: Toda persona que, sin ser conductor, transita a pie por las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial. Se consideran, asimismo, peatones quienes empujan o arrastran un coche de niño o de impedido o cualquier otro vehículo sin motor de pequeñas dimensiones, los que conducen a pie un ciclo o ciclomotor de dos ruedas y los impedidos que circulan al paso en una silla de dos ruedas, con o sin motor, así como las personas que circulan sobre patines u otros artefactos parecidos por la vías o terrenos descritos anteriormente. Son igualmente peatones las personas que se encuentran reparando el motor, cambiando neumáticos o realizando otra operación similar.

2.3.5 Accidente: caso fortuito o por fuerza mayor

El accidente se puede considerar, dependiendo de qué lo provoque, como un caso fortuito o por fuerza mayor.

El accidente, si es debido a una acción inesperada de la naturaleza, decimos que se ocasiona por fuerza mayor. Algunos ejemplos de estos fenómenos presentes en este modelo de accidente son: riadas, corrimientos de tierra, inundaciones, caída de árboles,...

El caso fortuito, recoge los accidentes que no se inician por causas naturales y no permiten un obrar humano diferente. Algunos ejemplos de este modelo de accidente pueden ser un deslizamiento por una mancha de aceite provocada por un desconocido, un reventón de un neumático por defecto de fabricación, etc.

2.3.6 Evolución en el espacio y tiempo del accidente

El accidente no se produce de forma instantánea, y tiene una evolución en el tiempo y en el espacio que nos ayuda a determinarlo.

A través de los instantes, en los que las personas involucradas en el accidente deben tomar decisiones de una forma determinada y lo han hecho o no, se reconstruye el tiempo del accidente.

El espacio se puede dividir en zonas en las que se producen los hechos, y dentro de éstas, encontraremos puntos en los que situar acciones concretas. La combinación de un punto y un instante será la posición. La unión de varias posiciones determinará la fase del accidente.

En relación a las maniobras de conducción existen unas fases e hitos singulares que son comunes a la gran mayoría de los accidentes que se pueden denominar como percepción, decisión, actuación (mediante la realización de maniobras evasivas), conflicto (por ejemplo, la colisión o el atropello) y llegada a la situación o posiciones finales [LuqAlv07].

- Fase de percepción. Indica los instantes y posiciones en los que puede existir (percepción posible) o ha existido (percepción real) una relación sensorial (visual o auditiva) entre los elementos intervinientes en el accidente.
- Fase de decisión y posterior actuación. Los conductores o peatones procesan la información recibida y actúan, pudiendo realizar maniobras evasivas del accidente.

Los factores que nos determinan la fase de decisión son [BorAlg91]:

El *tiempo de reacción* es variable y oscila con arreglo a la edad, el estado físico o psíquico. A edades elevadas, cansancio, desatención, aumenta el tiempo de reacción oscilando entre 0.4 y 2 segundos.

Maniobra de evasión es la que efectúa el usuario para intentar evitar el accidente; las dividimos en simples o complejas y a su vez en activas o pasivas.

- o Maniobra de evasión simple pasiva: Tocar el claxon, dar destellos de luz.
 - o Maniobra de evasión simple activa: Disminuir o aumentar la velocidad, giro a derecha o izquierda, detener el vehículo, dar marcha atrás.
 - o Maniobra de evasión compleja: Disminuir o aumentar la velocidad y giro, disminuir la velocidad y tocar el claxon, etc.
- Fase de conflicto. Es la culminación del accidente, es decir, comprende el último periodo de la evolución de éste, con su conclusión.

2.3.7 Elementos del accidente

Los motivos por los que suceden los accidentes los deduciremos de los elementos del accidente: vía, vehículo y hombre.

Se han realizado numerosas investigaciones para ver el peso que puede tener en la accidentalidad cada uno de estos elementos. Una de las consideradas más importantes y completas del mundo es el *Indiana Tri-Level Study*, y fue llevada a cabo en Estados Unidos durante más de cinco años sobre unos cinco mil accidentes de circulación de todo tipo. En concreto, se descubrió que entre los factores causantes del accidente de tráfico, el factor humano se encontraba implicado entre el 71% y el 93% de los casos; el estado de la vía entre el 12% y el 34% y finalmente el vehículo entre el 5% y el 13% [MonAlo00].

2.3.7.1 La vía

Son necesarias fuertes inversiones económicas y periodos largos de tiempo para su construcción, por lo que se trata de un elemento material casi fijo. Es indiscutible que las mejoras en las vías proporcionan un aumento de la seguridad y facilitan las labores de los conductores.

Actualmente las redes viales se quedan rápidamente obsoletas en relación al progreso de los vehículos (carreteras antiguas, vehículos veloces, comunicaciones vehiculares). Las redes viales no están preparadas y resultan insuficientes e incluso peligrosas para la circulación moderna.

En relación con la vía hay una serie de factores que van a influir en el accidente, y al menos explican el 12% de los accidentes:

- Sus características físicas: rectas, curvas, asfalto, adoquines, etc.
- Las condiciones meteorológicas: hielo, nieve, viento, día, noche, etc.
- La densidad o fluidez de la circulación.
- Las normas y señales de circulación, que pueden perjudicar, tanto si son excesivas como deficientes.

Es evidente que existe una cierta relación de la accidentabilidad con la categoría de la vía y los lugares de las mismas. Los puntos negros son importantes, aunque la mayor parte de los accidentes se producen en las grandes rectas.

Precisando más y en relación con el tipo de vía, las carreteras nacionales y locales son las más peligrosas, tanto por el número de muertos como por el número de accidentes con víctimas. Frente a éstas, las carreteras comarcales, las autovías y autopistas a mucha más distancia, son las que menos riesgos objetivos parecen presentar [MonAlo00].

2.3.7.2 El vehículo

Actualmente, el parque automovilístico aumenta excediendo la capacidad de las vías y además debido a la situación de crisis en la que vivimos, cada vez circulan vehículos más envejecidos.

Conforme se incrementa la edad de un vehículo, especialmente a partir de los 8 o 10 años, se acelera la probabilidad de que se produzca un accidente por fallo mecánico y además, el vehículo no tiene la misma capacidad de respuesta, debido a que sus sistemas de seguridad activa y pasiva se quedan obsoletos.

Todas estas situaciones intervienen en el problema general del tráfico afectando a nuestra seguridad.

Los factores que influyen en el accidente en relación con el vehículo son:

- Las características mecánicas: potencia, aceleración, frenado, etc.
- El mantenimiento del vehículo: conservación, estado de frenos, dirección, etc.
- La carga: la colocación y volumen influyen en la respuesta del vehículo.

En cuanto a la seguridad en el automóvil, se pueden distinguir dos tipos [LuqAlv07]:

- Seguridad activa. Todas aquellas condiciones, sistemas, elementos y factores que tienen por objeto evitar que ocurran los accidentes de tráfico. En la circulación de un vehículo existe un nivel de seguridad activa disponible que es función del conductor (capacidades psíquicas, físicas) y el vehículo (alumbrado, sistema de frenado, sistema de dirección, neumáticos, etc.).
- Seguridad pasiva. Todas aquellas condiciones, sistemas, elementos y factores que tienen por objeto minimizar los daños que ocasionan los accidentes de tráfico. Es decir, la seguridad pasiva se aplica una vez iniciado el accidente. Implica tanto al conductor (posturas, acciones, condicionantes biomecánicos, medidas antropométricas, etc.), como al vehículo (parachoques, cinturón de seguridad, airbag, diseño estructural, etc.) y al entorno (sistemas de contención, elementos presentes en la escena, tiempos de asistencia y evacuación de heridos, etc.).

En un corto plazo de tiempo, vamos a ver cómo se extienden los vehículos eléctricos y esto puede suponer un grave problema para la seguridad si no se reeduca a la población, ya que una de las claves que tiene el peatón para descubrir la presencia de un coche es el sonido, que en este caso quedaría sensiblemente disminuido.

Así, a pesar de todas estas mejoras en la seguridad de los vehículos, las estadísticas conceden al vehículo un porcentaje bajo de causa exclusiva de accidente situada entre el 5 y el 13%, a lo que hay que añadir obviamente que en ocasiones el vehículo es causa compartida de accidentes [MonAlo00].

Los vehículos que más accidentes y víctimas producen son los turismos porque son los que cuentan con una mayor presencia en las vías. Le siguen las motocicletas, furgonetas, y a mayor distancia los camiones y autobuses. También cabe resaltar que los vehículos de dos ruedas tienen un riesgo diez veces superior de presentar un accidente grave.

2.3.7.3 El conductor

Cuando hablamos de seguridad en la circulación, el conductor es el objetivo final, y también el elemento principal.

El conductor es responsable de proceder de forma conveniente ante el resto de factores, debe analizar correctamente la información y tener una óptima capacidad de respuesta.

Este proceso, es lo que compone el denominado tiempo de reacción del conductor, y lo podemos observar en la figura 8:

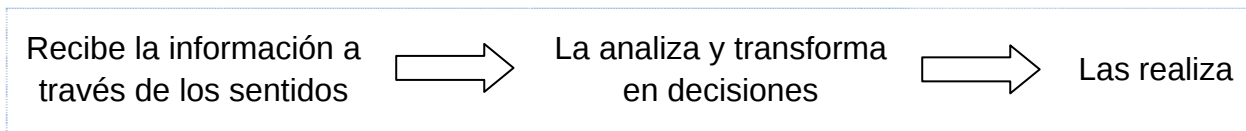


Fig. 8 Proceso que compone el tiempo de reacción del conductor

Es evidente, que circunstancias como la edad, el estado físico y unos hábitos correctos en la conducción intervienen de forma directa en el tiempo de reacción.

Según el *Indiana Tri-Level Study*, el factor humano es causa del accidente entre el 71% y el 93% de las ocasiones [MonAlo00].

En consecuencia, se debe considerar como el elemento más importante porque el comportamiento humano es decisivo en la inmensa mayoría de los accidentes.

Para que se considere apta para la conducción, la persona en cuestión, debe tener un equilibrio en sus condiciones físicas y psíquicas. La edad y la capacidad de rendimiento tienen una relación muy estrecha con la aptitud para conducir vehículos.

Para intentar prevenir los accidentes debidos a fallo humano, es básico conocer las causas que los producen:

- Físicas: Son las que afectan al cuerpo del conductor. Lipotimia, náusea, mareo, insuficiencia cardiaca, falta de reflejos, defecto de oídos o de visión, etc.
- Psíquicas: Son las que afectan a la mente del conductor. Sueño, cansancio, toxicomanía, alcoholismo, enfermedad mental, falta de atención, etc.
- Falta de conocimientos, experiencia o destreza.

2.3.8 Clases de accidentes de tráfico

Los accidentes de tráfico se pueden clasificar en base a diferentes criterios. Vamos a ver los criterios generalmente más utilizados [BorAlg91]:

- ❖ Por su situación. Según la vía en que tenga lugar el accidente los clasificaremos en:
 - Urbanos, desarrollados dentro de la población.
 - Interurbanos, dependiendo del tipo de carretera (nacional, comarcal, autopista,...), o considerando el trazado (cruce, curva, paso a nivel,...).

- ❖ Por sus resultados. Mortales, con heridos, con daños materiales.
- ❖ Por el número de vehículos implicados. Simples o complejos dependiendo de las unidades de tráfico que intervengan.
- ❖ Por el modo en que se producen.
 - Choque, cuando el vehículo topa con un elemento fijo de la vía o que se encuentre en ella.
 - Colisión, cuando se produce un encuentro violento entre dos o más vehículos. Puede ser:
 - o Frontal: Central, excéntrica o angular.
 - o Lateral: Perpendicular u oblicua y a su vez central, posterior o anterior.
 - o Refleja: Se producen dos o más colisiones sucesivas entre sí.
 - o Por alcance: La parte frontal de uno sobre la parte posterior del otro.
 - o Por raspado: Roce entre los laterales de ambos vehículos, positivo si los vehículos van en sentido contrario, negativo en el mismo sentido.
 - Salida de la vía, cuando el vehículo o parte del mismo se sale sin que exista voluntad por parte del conductor. Puede ser con vuelco de campana (longitudinal) o de tonel (transversal), o sin vuelco (con o sin salto).
 - Atropello a un animal, peatón, ciclista o ciclomotor.
- ❖ Accidentes con características especiales. Son aquellos que no se pueden encasillar en ninguno de los apartados anteriores, como pueden ser incendios, explosiones,...
- ❖ Otras clasificaciones: Según la hora del día (diurnos o nocturnos), según el día (laborales o festivos), según lo que se transporte (materias peligrosas, transporte escolar,...),...

En la figura 9, podemos ver un resumen que engloba las distintas clases de accidentes en base a los diferentes criterios mencionados.

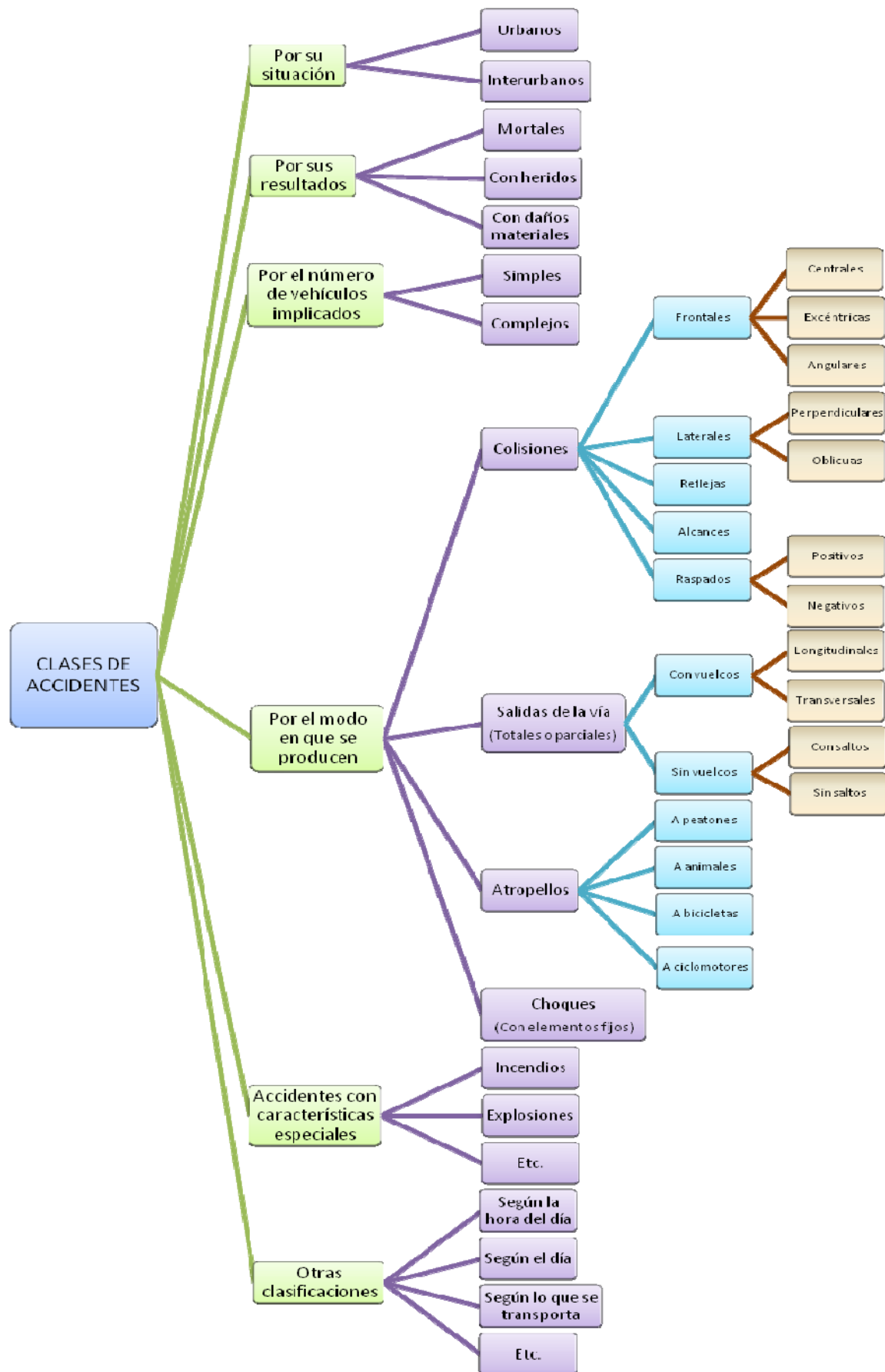


Fig. 9 Resumen clasificatorio de accidentes

2.3.9 Dinámica del accidente

Dinámica, es la rama de la Física que estudia el movimiento y las fuerzas que en el accidente intervienen.

Para poder profundizar en el conocimiento de los accidentes es necesario conocer las leyes fundamentales de la dinámica y las principales fuerzas que intervienen o se generan en un accidente [BorAlg91].

- ❖ Las leyes fundamentales de la dinámica fueron formuladas por Newton y son:
 - Principio de inercia. Un cuerpo en estado de reposo permanece en este estado, y un cuerpo móvil permanece en movimiento uniforme y rectilíneo, en tanto que ninguna fuerza actúe sobre ellos. La fuerza de inercia es la resistencia de los cuerpos a cambiar del estado de reposo al de movimiento y viceversa. Este principio físico, es el que hace que los cuerpos sigan hacia adelante en el caso de una colisión frontal.
 - Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Si sobre un sistema no actúan fuerzas exteriores, su cantidad de movimiento permanece constante. La variación de la cantidad de movimiento es proporcional a la fuerza externa que la produce y tiene lugar en la dirección de la recta según la cual actúa dicha fuerza. Si un vehículo cambia de dirección por el impulso de una fuerza externa, se puede averiguar con facilidad la dirección de dónde ha procedido la fuerza y su intensidad.
 - Principio de acción y reacción. A toda acción se opone siempre una reacción igual y de sentido contrario. Cuando un vehículo colisiona, contra más velocidad lleve (acción), mayor deformación sufrirá (reacción).
- ❖ Entre las principales fuerzas que intervienen o se generan en un accidente, están la fuerza de la gravedad, la energía cinética, la energía potencial de gravitación, los rozamientos, la fuerza de fricción (adherencia y rozamiento), la fuerza del viento (aerodinámica), la energía frenante, la elasticidad y el choque.

2.3.10 Investigación de accidentes

La investigación de accidentes trata por medio de actividades experimentales e intelectuales aumentar el conocimiento sobre el problema de la circulación vial, descubriendo la forma en que sucedió el accidente con el fin de esclarecer responsabilidades de manera que sirva para prevenirlos en un futuro.

El proceso necesario para la investigación de accidentes se puede distribuir en dos fases [Inv12]:

- La recogida y análisis de los datos, que consiste en recoger, registrar e interpretar todas las señales físicas de lo ocurrido y ha de hacerse:

- Sobre la vía: punto físico del accidente, el estado de la vía, visibilidad, señalización, marcas de residuos, marcas o daños ocasionados en la infraestructura, marcas de los vehículos sobre el pavimento y marcas dejadas por los neumáticos.
 - Sobre los vehículos: daños antes del accidente, daños producidos en la colisión, después de la colisión, daños hasta llegar a la posición final y daños en la retirada del coche.
 - Sobre las personas: momento en que se percibió el peligro, maniobras realizadas, velocidad a la que se circulaba,...
- El análisis y las conclusiones de un accidente, que consiste en dar una versión verosímil de cómo se produjo el siniestro tras el análisis de la vía, los vehículos y las personas.

Los diferentes métodos de investigación los podemos clasificar en:

- ❖ Estadísticos. Sirven para diagnosticar la situación de seguridad en un lugar y en un momento, pero no ofrece datos sobre causas y las acciones a adoptar.
- ❖ Reconstrucción de accidentes. Sirven para determinar cómo se produjo el accidente pero no por qué.
- ❖ Simulación de accidentes. Se trata de un método experimental, y permite pasar al ámbito del laboratorio problemas concretos relacionados con el comportamiento fundamentalmente del ser humano y del vehículo.
- ❖ Métodos de modelización. Consisten en diseñar modelos matemáticos sobre el comportamiento de determinados elementos físicos que intervienen en accidentes.
- ❖ Procedimientos integrados. Consisten en la integración de los diferentes métodos.

3 BASES DE DATOS DE ACCIDENTES

Considerando los muy diversos usos de la información de accidentes de circulación, existen varias fuentes a las que podemos acudir. Todas ellas presentan tanto ventajas como limitaciones en cuanto a la cobertura y la validez de la información. Algunas de estas fuentes son: estadísticas vitales, altas hospitalarias, urgencias hospitalarias, registros de traumatología, registros médico forenses, encuestas de salud, registros policiales, compañías de seguros.

En este capítulo, como parte imprescindible para nuestro objetivo de analizar los accidentes de tráfico para poder estimar la gravedad de los mismos, es necesario familiarizarnos con las bases de datos más relevantes a nivel nacional, europeo e internacional.

3.1 BASES DE DATOS DE ÁMBITO NACIONAL

Por medio de los partes de accidentes, se recopilan datos estadísticos que finalmente consolidan las bases de datos tanto a escala nacional, como regional y local. Debido a que estos datos son la principal herramienta para los estudios de accidentabilidad, es esencial que la información que se recoja sea de calidad.

Los distintos países europeos presentan diferentes perfiles en la gestión sus bases de datos nacionales. Así, las administraciones responsables de la gestión de estos datos son diversas: Institutos u oficinas nacionales de estadística, Ministerio del Interior, Ministerio de Transporte, Ministerio de Justicia, etc.

Por ejemplo, en España el organismo responsable de la gestión de los datos de accidentes recopilados por la policía, es la Subdirección General de Análisis y Vigilancia Estadística de la DGT, dependiente del Ministerio del Interior. Anteriormente, esta función la acometía el Observatorio de Seguridad Vial, pero ha sido suprimido recientemente por el Ministerio del Interior, más concretamente en Febrero del 2012 [Est12].

3.1.1 ARENA (Accidentes: Recogida de información y Análisis)

En España, el sistema ARENA (Accidentes: Recogida de Información y Análisis) integra una aplicación web y una base de datos para recoger y almacenar información de accidentes de tráfico urbano e interurbano de diversa tipología. CIAT (Concentrador de Información de Accidentes de Tráfico) es la plataforma a través de la que se explotan estadísticamente.

3.1.2 GES (General Estimates System)

GES [Ges12] es un sistema que comenzó a operar en 1988 en Estados Unidos y fue creado para identificar áreas problemáticas de seguridad en el tráfico.

Los datos que conforman GES son extraídos de los informes policiales de accidentes, y deben incluir al menos un vehículo de motor en tránsito con resultado de daños a la propiedad, lesiones o la muerte.

Estos informes de accidentes son elegidos a partir de 60 áreas que reflejan la geografía, la carretera, la población y la densidad del tráfico de los Estados Unidos.

Los datos de GES se utilizan en los análisis de la seguridad del tráfico por la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), así como otras agencias del DOT (Department of Transportation).

3.1.3 Diferentes ejemplos en países de Europa

Otros ejemplos de gestión de los datos de accidentes en otros países europeos [MyrSer10]:

- En Holanda, la base de datos nacional es gestionada por el AVV Transport Research Center del Ministerio de Transporte.
- En Gran Bretaña, la base de datos nacional STATS19 es gestionada por el Departamento de Transporte.
- En Austria, los datos de accidentes son remitidos por la policía federal a la Oficina de Estadística Austriaca (OSTAT).
- En el caso de Francia, el Servicio de Estudios Técnicos de Carreteras y Autopistas (SETRA) es el responsable de la gestión de la base de datos nacional.

3.1.4 Esquema de bases de datos de ámbito nacional

A continuación, podemos ver resumidas las bases de datos de ámbito nacional en la figura 10.

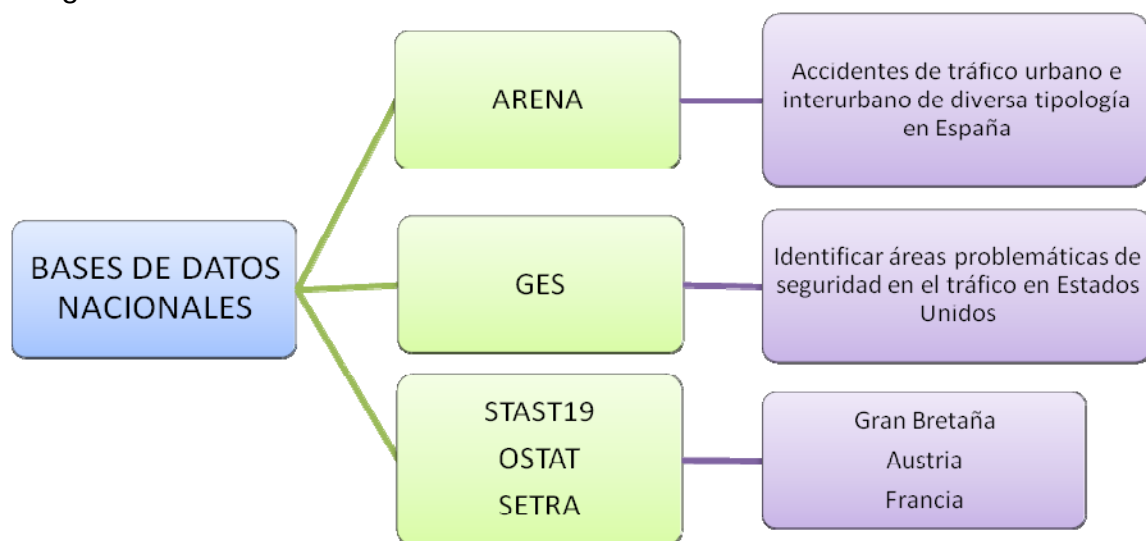


Fig. 10 Esquema de bases de datos de ámbito nacional

3.2 BASES DE DATOS DE ÁMBITO EUROPEO

A nivel europeo, se comenzaron a crear bases comunes en 1993 (ETSC, European Transport Safety Council, 2001) y se refieren a todos los modos de transporte.

A continuación se describen algunas de las principales bases de datos europeas sobre accidentes de tráfico. Algunas son generales y otras se centran en grupos específicos de accidentes (infantiles, de motocicletas o camiones) y en metodologías de obtención de información especializadas (reconstrucción de accidentes o investigaciones en profundidad).

3.2.1 CARE (Community Road Accidents Database)

CARE [Car12] es una base de datos desagregada, que fue creada por decisión del Consejo Europeo en 1993. En ella se recoge el conjunto original de datos de los estados miembros de la Unión Europea con su estructura original y sus propias definiciones, pero sin ninguna información considerada confidencial. Cada estado miembro es responsable del suministro y de la calidad de sus datos, así como de su validación una vez introducidos en el sistema CARE.

Debido a la necesidad de poder realizar estudios comparativos entre los datos de los distintos estados miembros, se redefinieron unas variables comunes en lo que se denominó el proyecto CAREPLUS. El objetivo era armonizar a nivel internacional los datos nacionales.

La importancia de la base de datos de CARE dentro del observatorio europeo de la seguridad vial, se resalta en el programa de acción europeo de seguridad vial comunicado por la Comisión Europea en 2003.

Los datos en detalle solo están disponibles para la Dirección General de Energía y Transportes y para algunos organismos específicos seleccionados en cada país miembro. La información estadística está disponible en la web de CARE.

3.2.2 CASPER (Child Advanced Safety Project for European Roads)

CASPER [Cas12] es un proyecto que tuvo inicio en 2009 y está constituido por Alemania, España, Suecia, Gran Bretaña, Holanda, Francia e Italia. Se basa en un proyecto anterior denominado CHILD (Child Injury Led Design) que a su vez se basaba en otro denominado CREST (Child Restraint Systems). En dicho proyecto, se trata de profundizar en la obtención de datos de accidentes infantiles a partir de investigaciones en detalle, y analizar la relación del uso de los sistemas de retención infantil con la gravedad y tipo de lesiones.

3.2.3 EACS (European Accident Causation Survey)

EACS [Eur12] fue un proyecto desarrollado en 1996 por la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) y la Comisión Europea, cuyo objetivo es recoger información específica sobre las causas de los accidentes de tráfico. Se centra en la fase previa al accidente, principalmente en los factores del vehículo y en los sistemas de seguridad, y de forma menos detallada, en las lesiones producidas.

3.2.4 ECBOS (Enhanced Coach and Bus Occupant Safety)

El proyecto de ECBOS [Eur12] se desarrolló bajo el V Programa Marco. Se realizó un estudio estadístico de los accidentes de autobuses. Los datos de las bases gubernamentales juntos a los obtenidos en las investigaciones en profundidad, se integraron en una base de datos general de accidentes de autobús.

3.2.5 ECMT (European Conference of the Ministers of Transport)

La Conferencia Europea de Ministros del Transporte (ECMT) [Eur12] publica estadísticas de accidentes desde 1975. Hasta 1984 esta información era incluida en un anuario sobre estadísticas del transporte y desde 1985 se presenta en una publicación separada: el anuario sobre estadísticas de accidentes de tráfico.

El fichero de datos sobre accidentes de tráfico de la ECMT y la base de datos sobre estadísticas de transporte contienen información sobre accidentes, víctimas y sobre datos de exposición al riesgo.

En la actualidad, esta institución forma parte del Joint OECD/ECMT Transport Research Centre colaborando en el desarrollo y gestión de la base de datos internacional IRTAD (International Road Traffic Accident Database).

3.2.6 ETAC (European Truck Accident Causation Study)

ETAC [Eur12] fue un proyecto iniciado en 2004 y completado en 2006 por la Comisión Europea y la Unión Internacional del Transporte por Carretera (IRU). El objetivo de este proyecto fue el estudio de las causas de los accidentes de vehículos pesados y la creación de una base de datos. Participaron institutos de investigación de 7 países europeos coordinados por CEESAR (Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques) en Francia.

3.2.7 Eurostat (Statistical Office of the European Communities)

Eurostat [Abo12] es una visión general de las estadísticas de transporte en los estados miembros de la Unión Europea y de los países de la Asociación Europea de Libre Comercio (Noruega, Liechtenstein, Islandia y Suiza). Los datos son recogidos mediante mecanismos de soporte legal y mediante cuestionarios voluntarios que deben cumplimentar los estados miembros.

3.2.8 MAIDS (Motorcycle Accident In-depth Study)

MAIDS [Ind12] fue un proyecto que se centró en la identificación de los factores causantes de los accidentes de motocicleta para la prevención de lesiones, la mejora de las motocicletas, y un mejor conocimiento del factor humano.

Se analizaron alrededor de 921 accidentes de motocicletas en 5 países centrándose en los datos de la reconstrucción de cada accidente, entrevistas a los testigos, inspección de los vehículos implicados, y el examen de los registros médicos de los conductores y pasajeros lesionados para identificar todos los factores que habían contribuido en el accidente y en sus consecuencias.

Sólo los datos agregados están disponibles. Estos se pueden encontrar en el informe final que fue publicado por ACEM.

3.2.9 PENDANT (Pan-European Coordinated Accident and Injury Database)

PENDANT [Pen12] fue un proyecto que comenzó en 2003 y se completó en 2005. Proporciona datos de accidentes y víctimas mediante el desarrollo de dos nuevos sistemas de datos europeos. En el primer sistema se recogen datos en profundidad de accidentes y víctimas registrados en 8 países europeos. En el segundo sistema de información, se utilizan datos hospitalarios de víctimas registrados en 3 países de la Unión Europea.

Este proyecto es una continuación del proyecto STAIRS (Standardization of Accident and Injury Registration Systems) sobre armonización a nivel europeo de los datos en profundidad sobre accidentes y víctimas.

Esta base de datos complementa a CARE, y ambas coordinadas comprenden una potente herramienta de datos sobre los accidentes.

3.2.10 RISER (Roadside Infrastructure for Safer European Roads)

RISER [Roa12] fue un proyecto que se realizó entre 2003 y 2005. Su objetivo es proporcionar informes y guías dirigidas a los profesionales de la seguridad en las carreteras, para el diseño y construcción de elementos de seguridad en las vías. Se pretende minimizar las consecuencias de los accidentes de vehículos en solitario.

Se utilizaron, por un lado, las bases de datos estadísticas de diferentes países europeos (Austria, Finlandia, Francia, España, Suecia, Holanda y Reino Unido), centrándose específicamente en los accidentes con implicación de un solo vehículo. Por otro lado, se recogió información de otras bases de datos existentes para realizar un estudio en profundidad sobre accidentes de vehículos en solitario.

3.2.11 SafetyNet

SafetyNet [Saf12] fue un proyecto realizado entre 2004 y 2009, fundado por la Dirección General de Transportes de la Comisión Europea cuyo objetivo fue construir la estructura del Observatorio Europeo para la Seguridad Vial.

Su función fue extender la base de datos CARE a los nuevos estados miembros de la Unión Europea y desarrollar dos nuevas bases de datos: un registro de los datos de accidentes mortales y otro de las causas de los accidentes.

- Base de datos de accidentes mortales (In-depth fatal accident database). A partir de una muestra representativa de los accidentes mortales registrados en los países participantes, se extrajo información sobre factores ambientales, relativos a la vía, al vehículo y al conductor, así como variables relacionadas con las lesiones.
- Base de datos sobre causas de los accidentes (In-depth accident causation database). La base de datos contiene alrededor de 400 variables sobre las circunstancias de los accidentes insistiendo en la comprensión de los principales factores causantes de los accidentes.

3.2.12 DaCoTA (Data Collection, Transfer and Analysis)

DaCoTa [Dac12] es un proyecto fundado por la Dirección General de Transportes de la Comisión Europea en 2010 bajo el VII Programa Marco. Está pensado que tenga una duración de 30 meses, y actualmente todavía se encuentra en desarrollo.

Se trata de la continuación de SafetyNet, y el objetivo es mejorar y dar robustez a los datos del Observatorio Europeo para la Seguridad Vial.

3.2.13 Esquema de bases de datos de ámbito europeo

A continuación, podemos ver resumidas las bases de datos de ámbito europeo en la figura 11.

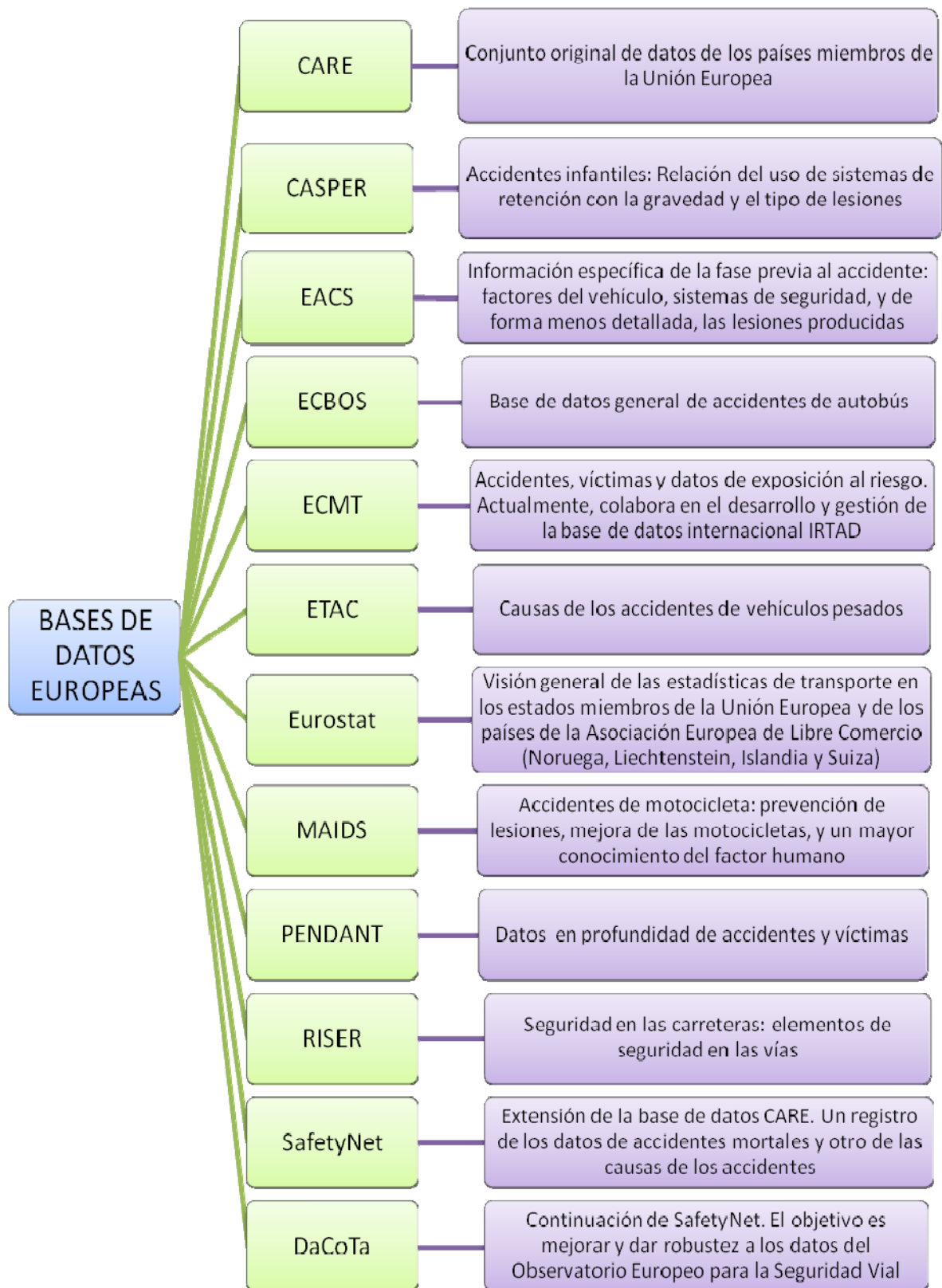


Fig. 11 Esquema de bases de datos de ámbito europeo

3.3 BASES DE DATOS DE ÁMBITO INTERNACIONAL

A continuación se describen algunas de las principales bases de datos internacionales sobre accidentes de tráfico.

3.3.1 IRTAD (International Road Traffic Accident Database)

IRTAD [IRT12] es una base de datos que fue creada en 1988 por el comité de dirección del Programa de Investigaciones sobre el Transporte por carretera de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos).

Se trata de un conjunto anual de datos que son suministrados por los Institutos Nacionales de los 29 países que la componen. Los datos se chequean constantemente por los gestores para asegurar su consistencia año a año. Los países que la componen son: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Corea, Luxemburgo, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos.

La ambición de IRTAD es incluir a tantos países como sea posible para construir y mantener una base de datos de alta calidad en la información de seguridad vial.

Los datos proporcionados por los Institutos Nacionales tienen un formato común, con el fin de poder compararlos internacionalmente, y se basan en las definiciones elaboradas y acordadas por el grupo IRTAD.

Todos los miembros de IRTAD tienen pleno acceso a la base de datos en línea IRTAD. La interfaz de usuario genera varios formatos de salida (HTML, Excel, CSV) para posteriores análisis. Las tablas dinámicas y los gráficos ofrecen una visión general rápida de las series temporales y las últimas tendencias de seguridad.

En resumen, se trata de una herramienta muy útil en las comparaciones internacionales y proporciona datos agregados sobre accidentes, víctimas y exposición al riesgo (población, parque de vehículos, longitud de red de carreteras, kilómetros/vehículo, etc.) de la mayoría de países de la OCDE.

3.3.2 IRF (International Road Federation)

La IRF [Irf12] es una organización no gubernamental y sin ánimo de lucro desarrollada para la promoción del desarrollo y mantenimiento de carreteras mejores y más seguras. La IRF tuvo su origen en 1948 y ofrece información sobre datos agregados de más de 185 países de todo el mundo. El acceso on-line a los datos solo se permite a los miembros de la organización.

3.3.3 UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)

Desde 1995, la Comisión Económica de las Naciones Unidas de Europa publica un anuario que contiene estadísticas sobre el sistema de tráfico en Europa y Norte América. Se presentan datos de accidentes y víctimas, además de otros datos de exposición al riesgo, como la longitud de la red de carreteras, el volumen de tráfico, el censo de vehículos y la población. La base de datos de la UNECE dispone de información de 56 países [Une12].

3.3.4 Esquema de bases de datos de ámbito internacional

A continuación, podemos ver resumidas las bases de datos de ámbito internacional en la figura 12.

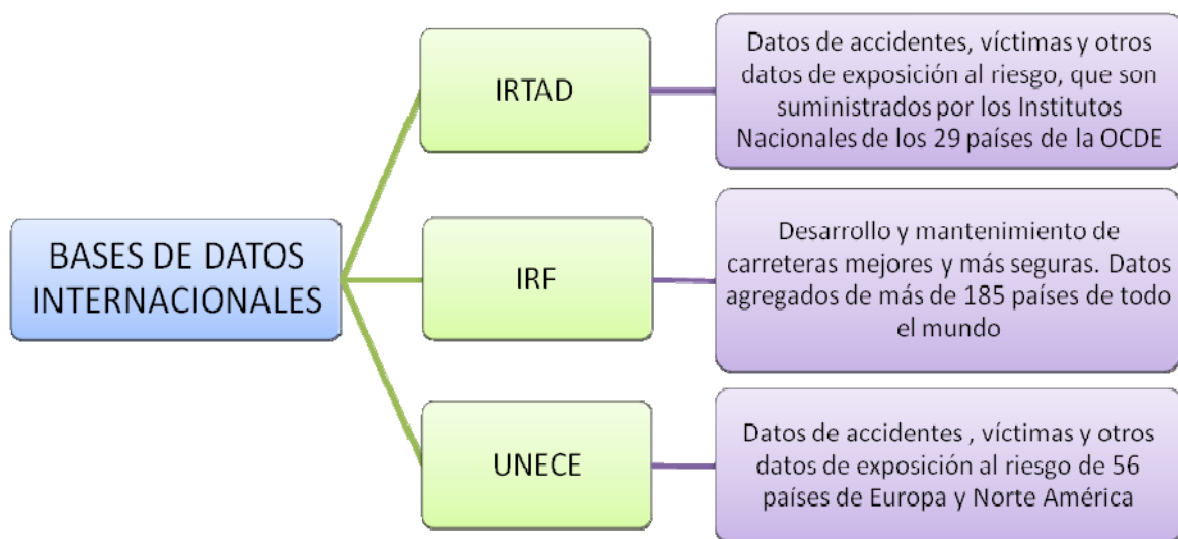


Fig. 12 Esquema de bases de datos de ámbito internacional

4 ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE LA GRAVEDAD DE LOS ACCIDENTES

Con este último capítulo vamos a alcanzar el objetivo del proyecto, aportando un método de estimación de la gravedad de los accidentes, que posteriormente se podrá automatizar.

Comenzaremos conociendo cuáles son los tipos de datos que nos podemos encontrar sobre un accidente y decidiendo cuáles son los adecuados para nuestro objetivo. Por otra parte, presentaremos los mapas accidentológicos, en los que veremos cómo evoluciona la cifra de fallecidos de España y Europa, y nos situarán dentro del contexto europeo.

También se estudian los accidentes de tráfico, analizando estadísticas de anteriores sucesos, basándonos en el entorno, las personas y el tipo de vehículo.

Del mismo modo, conoceremos cómo influyen en el accidente, diversos factores concurrentes como la velocidad, el alcohol y el uso del cinturón o casco, y realizaremos con una comparativa de los datos más interesantes extraídos de la base de datos europea CARE.

Con todos estos datos, estaremos preparados para estimar la gravedad del accidente por medio del cálculo de un índice, basado en la información del vehículo en el momento del accidente y en la información de bases de datos de anteriores accidentes.

Comprobaremos, con casos de accidentes verídicos extraídos de la base de datos GES, si el índice de gravedad propuesto se acerca a la realidad del suceso.

Finalmente, mostraremos cómo se puede dar un tratamiento automático a los accidentes, para facilitar y acelerar las tareas de rescate [FogGar11, FogGar12].

4.1 TIPOS DE DATOS RELATIVOS A LOS ACCIDENTES

Podemos estructurar los datos relativos al accidente en tres tipos, dependiendo de su origen [Zor04]:

- ❖ Datos que se pueden extraer de las bases de datos de accidentes, que a su vez subdividimos en:
 - Datos objetivos:
 - o Número de accidentes: Mortales, con víctimas, con sólo daños materiales.
 - o Número de víctimas: Muertos, heridos graves y leves.

- Datos subjetivos. Todos los que dependen en gran medida del criterio del agente encargado de la toma de datos: causas del accidente, infracciones previas, condiciones psicológicas, etc.
- Datos de análisis. Son los que permiten profundizar en el análisis de las causas y factores de la siniestralidad vial. Los hay relativos a las personas (antigüedad del permiso, edad, sexo), a la vía (tipología, tipo de tramo), al vehículo (tipo, antigüedad), etc.
- ❖ Datos relativos al transporte y al tráfico:
 - Datos de las personas: censo de conductores.
 - Datos de las vías: extensión de la red, kilómetros de cada tipo de vía,...
 - Datos de los vehículos: parque automovilístico, matriculación, consumo de carburante.
 - Datos del tráfico: IMD (Intensidad de tráfico que corresponde al día medio del año), millones de vehículos/kilómetro recorridos.
- ❖ Datos básicos. Todos los datos de un territorio que sirven como referencia de la infraestructura poblacional y del entorno. Los principales son la pirámide de población y la superficie.

La información que obtengamos de las bases de datos deberá ser de calidad. Los datos objetivos como la hora, fecha, o descripciones numéricas tienen un alto nivel de objetividad, mientras que otros datos basados en declaraciones y opiniones son a menudo especulaciones.

Debido a esto, para determinar la gravedad del accidente basándonos en variables que obtengamos de bases de accidentes anteriores, es necesario que la información de dichas variables sea lo más objetiva posible.

4.2 MAPAS ACCIDENTOLÓGICOS

En este punto vamos a ver a través de mapas cómo ha evolucionado la mortalidad en los accidentes de tráfico en España en los últimos seis años, y cómo queda situada en el contexto de Europa. Para ello, vamos a utilizar como fuentes, la base de datos CARE a nivel europeo y los datos publicados sobre siniestralidad vial en España por la DGT.

4.2.1 España

Como podemos observar en la tabla 2, en España resultaron fallecidas en accidente de tráfico un total de 4442 personas en el año 2005, mientras que fallecieron 2478 personas en el año 2010. Estos datos representan un descenso del

44% entre los años 2005 y 2010, lo cual da muestras de que se ha evolucionado muy positivamente.

También vemos en la tabla 2, cómo evoluciona por Comunidades Autónomas la cifra de fallecidos entre los años 2005 y 2010 y la evolución en el último año.

Muertos totales	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010/2005	2010/2009
Andalucía	759	737	650	522	449	399	-47 %	-11 %
Aragón	214	181	179	153	122	108	-50 %	-11 %
Asturias	105	93	75	59	57	64	-39 %	12 %
Baleares	131	117	120	82	56	63	-52 %	13 %
Canarias	157	119	123	85	72	76	-52 %	6 %
Cantabria	32	48	39	25	30	28	-13 %	-7 %
Castilla la Mancha	354	342	288	234	195	172	-51 %	-12 %
Castilla León	440	419	385	318	270	286	-35 %	6 %
Cataluña	647	569	523	450	417	391	-40 %	-6 %
Extremadura	118	126	127	107	95	85	-28 %	-11 %
Galicia	355	360	331	266	246	237	-33 %	-4 %
Madrid	274	269	281	201	194	157	-43 %	-19 %
Murcia	166	140	133	93	88	61	-63 %	-31 %
Navarra	83	50	42	48	39	39	-53 %	0 %
La Rioja	51	41	51	30	34	22	-57 %	-35 %
C. Valenciana	441	378	385	323	263	213	-52 %	-19 %
País Vasco	110	110	90	102	83	75	-32 %	-10 %
Ceuta y Melilla	5	5	1	2	4	2	-60 %	-50 %
TOTAL	4442	4104	3823	3100	2714	2478	-44 %	-9 %

Tabla 2 Evolución del número de fallecidos por Comunidades Autónomas 2005-2010.

Fuente: CARE (Base de datos de la Unión Europea)

Si nos fijamos en los datos del año 2010 con respecto al año 2009, veremos que no en todas las comunidades se ha conseguido un descenso, pero se trata de hechos puntuales, ya que lo que resulta interesante es ver la evolución a lo largo de una etapa no sólo el último año.

Todos los esfuerzos realizados para incrementar la seguridad vial se ven recompensados con estos datos, pero también animan a seguir investigando cómo reducir dichos valores.

El mapa asociado a dichos datos lo podemos observar en la figura 13, en la que veremos diferenciadas por colores a las Comunidades Autónomas en relación con la diferencia porcentual en la cifra de fallecidos entre el año 2010 y el año 2005.

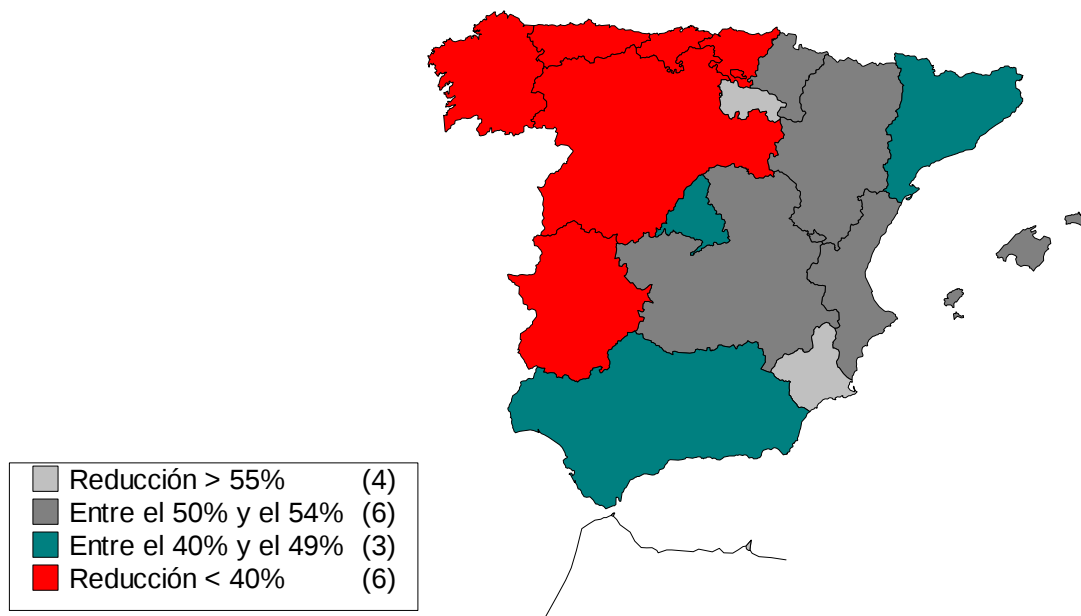


Fig. 13 Mapa de cómo se ha reducido la mortalidad en accidentes en España (2005-2010)

En el mapa accidentalológico, se observa claramente cómo en las comunidades autónomas del noreste de España, es donde menos se redujo la mortalidad en accidente entre 2005 y 2010.

Más adelante, en el punto de este estudio que hace referencia a las principales cifras de siniestralidad, entraremos en detalle en los datos más relevantes, dependiendo de la clase de accidente y los elementos que intervienen en él.

4.2.2 Europa

Como podemos observar en la tabla 3, en Europa resultaron fallecidas en accidente de tráfico un total de 45346 personas en el año 2005, mientras que fallecieron 31029 en el año 2010. Estos datos representan un descenso del 32% entre los años 2005 y 2010, lo cual da muestras de que se progresa positivamente, pero también que dicha evolución está siendo lenta todavía en muchos países.

También vemos en la tabla 3, cómo evoluciona en los 27 socios europeos, la cifra de fallecidos entre los años 2005 y 2010, y la evolución en el último año.

Muertos totales	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010/2005	2010/2009
Alemania	5361	5091	4949	4477	4152	3648	-32%	-12%
Austria	768	730	691	679	633	552	-28%	-13%
Bélgica	1089	1069	1071	944	944	812	-25%	-14%
Bulgaria	957	1043	1006	1061	901	776	-19%	-14%
República Checa	1286	1063	1221	1076	901	802	-38%	-11%
Chipre	102	86	89	82	71	60	-41%	-15%
Dinamarca	331	306	406	406	303	255	-23%	-16%
Eslovaquia	606	614	667	622	380	371	-39%	-2%
Eslovenia	258	262	293	214	171	138	-47%	-19%
España	4442	4104	3823	3100	2714	2479	-44%	-9%
Estonia	170	204	196	132	98	78	-54%	-20%
Finlandia	379	336	380	344	279	272	-28%	-3%
Francia	5318	4709	4620	4275	4273	3992	-25%	-7%
Grecia	1658	1657	1612	1555	1456	1258	-24%	-14%
Hungría	1278	1303	1232	996	822	740	-42%	-10%
Irlanda	400	365	338	280	239	212	-47%	-11%
Italia	5818	5669	5131	4731	4237	4090	-30%	-3%
Letonia	442	407	419	316	254	218	-51%	-14%
Lituania	773	760	740	499	370	299	-61%	-19%
Luxemburgo	47	43	46	35	48	32	-32%	-33%
Malta	17	11	14	15	21	15	-12%	-29%
Países Bajos	750	730	709	677	644	537	-28%	-17%
Polonia	5444	5243	5583	5437	4572	3908	-28%	-15%
Portugal	1247	969	974	885	840	937	-25%	12%
Reino Unido	3336	3298	3059	2645	2337	1905	-43%	-18%
Rumania	2629	2587	2800	3061	2796	2377	-10%	-15%
Suecia	440	445	471	397	358	266	-40%	-26%
EU-27	45346	43104	42540	38941	34814	31029	-32%	-11%

Tabla 3 Evolución del número de fallecidos por países Europeos 2005-2010

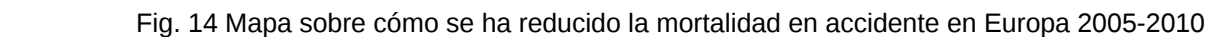
Fuente: CARE (Base de datos de la Unión Europea)

España ha reducido el número de fallecidos un 44% entre 2005 y 2010. En el último año del citado periodo, se redujo un 9%. Se puede situar en el contexto europeo, como el sexto país que más ha reducido el número de fallecidos entre 2005 y 2010, y a su vez, como uno de los países más evolucionado en materia de seguridad vial en Europa.

Los avances logrados en seguridad vial, se han conseguido gracias a la aplicación de diversas medidas como son la vigilancia, la tolerancia cero con el alcohol, la mejora de infraestructuras, los controles de velocidad, etc.

El mapa asociado a los datos de la tabla 3, lo podemos observar en la figura 14, en la que veremos diferenciados por colores los 27 países socios europeos en relación con la diferencia porcentual en la cifra de fallecidos entre el año 2010 y el año 2005.

Observamos en el mapa, cómo España se encuentra en el grupo de países que más redujeron la mortalidad en accidente entre 2005 y 2010.



4.3 ESTADÍSTICAS PRINCIPALES DE SINIESTRALIDAD EN ESPAÑA

En este punto, vamos a trabajar sobre las estadísticas que resultan más interesantes para el posterior cálculo del índice de gravedad. Se tiene en cuenta, el periodo comprendido entre 2005 y 2010 en España, sobre cómo influye el entorno, las personas y los vehículos.

Justamente, se trata de extraer conclusiones mediante el análisis de las principales estadísticas, construyendo nuevas tablas y creando gráficos, apoyados siempre en datos oficiales, que ayuden a mostrar claramente la repercusión de los accidentes.

➤ Análisis observando globalmente los accidentes por sus resultados:

En la tabla 4, podemos ver las cifras resultantes de desglosar los accidentes dependiendo de su repercusiones sobre las personas, es decir, por sus resultados.

TOTAL	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Accidentes con víctimas	91187	99797	100508	93161	88251	85503	558407
Fallecidos (1)	4442	4104	3823	3100	2714	2478	20661
Heridos graves (2)	21859	21382	19295	16488	13923	11995	104942
Heridos leves (3)	110950	122068	123226	114459	111043	108350	690096
Total (1)+(2)+(3)	137251	147554	146344	134047	127680	122823	815699

Tabla 4 Accidentes dependiendo de su repercusión sobre las personas 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

En el periodo comprendido entre 2005 y 2010, se produjeron un total de 558.407 accidentes con víctimas en España. En la figura 15, podemos ver la distribución porcentual por categorías de lesividad para el periodo mencionado, del total de las personas involucradas en los accidentes.

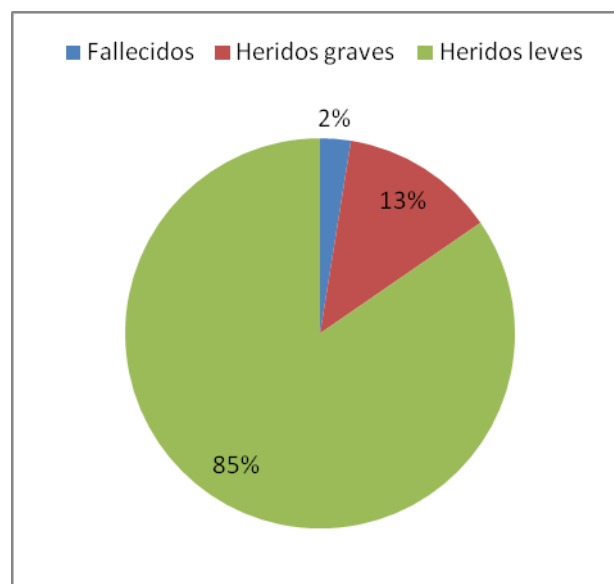


Fig. 15 Distribución porcentual por categorías de lesividad 2005-2010

En este gráfico, se ve claramente que la categoría de lesividad con el mayor porcentaje es la de heridos leves, lo cual es totalmente lógico y nos hace partir de la base de que siempre en todo accidente se requiere como poco una mínima atención médica.

➤ Análisis de cómo influye el entorno:

Ahora vamos a analizar cómo influye el entorno y dónde se produce el accidente, sobre la lesividad de los ocupantes. Para ello vamos a construir la tabla 5, donde analizaremos los accidentes en carretera y la tabla 6, donde analizaremos los accidentes en zona urbana.

CARRETERA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Accidentes con víctimas	42624	49221	49820	43831	40789	39174	265459
Fallecidos (1)	3652	3367	3082	2466	2130	1928	16625
Heridos graves (2)	14920	14763	13201	11077	8748	7642	70351
Heridos leves (3)	53869	62306	63587	56222	54180	52247	342411
Total (1)+(2)+(3)	72441	80436	79870	69765	65058	61817	429387

Tabla 5 Lesividad en accidentes en carretera 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

ZONA URBANA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Accidentes con víctimas	48563	50576	50688	49330	47462	46329	292948
Fallecidos (1)	790	737	741	634	584	550	4036
Heridos graves (2)	6939	6619	6094	5411	5175	4353	34591
Heridos leves (3)	57081	59762	59639	58237	56863	56103	347685
Total (1)+(2)+(3)	64810	67118	66474	64282	62622	61006	386312

Tabla 6 Lesividad en accidentes en zona urbana 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

En la figura 16, comparamos los datos obtenidos de las tablas 5 y 6 de forma visual, y se ve claramente la influencia del entorno en el accidente, sobre todo en los heridos graves y en los fallecidos.

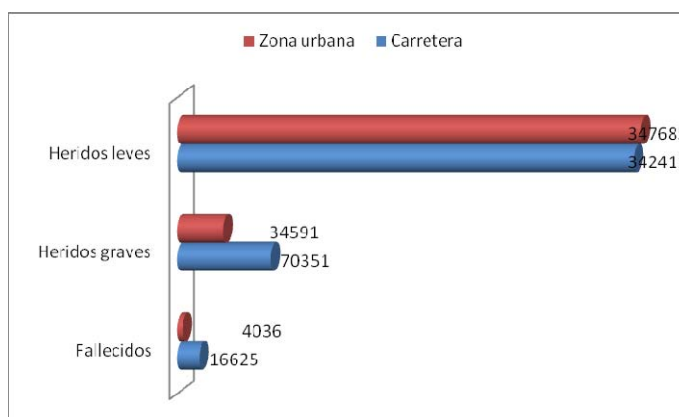


Fig. 16 Comparación por categorías de lesividad dependiente del entorno 2005-2010

La cifra de fallecidos y de heridos graves es muy superior cuando el accidente se produce en carretera. Este dato nos indica, que si el accidente es en carretera reviste mayor gravedad que si es en zona urbana.

En la figura 17, podemos ver distribuidas porcentualmente las lesiones en los accidentes, tanto en carretera como en zona urbana.

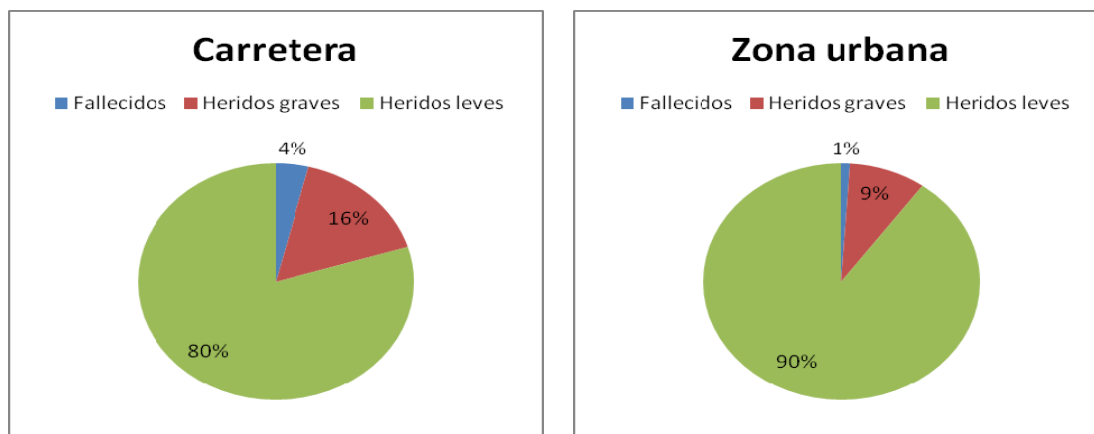


Fig. 17 Distribución porcentual: Lesiones en accidentes en carretera y zona urbana 2005-2010

Se observa cómo en carretera los porcentajes de heridos graves y fallecidos son muy superiores en relación con los de la zona urbana, lo que nos clarifica aun más la conclusión a la que llegamos con la figura 16.

Ahora, vamos a analizar qué tipo de accidente es el que ocasiona más fallecidos tanto en carretera como en zona urbana, dependiendo del modo en que se produce, y para ello nos apoyamos en las tablas 7 y 8.

FALLECIDOS EN CARRETERA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Salida de la vía	1386	1191	1063	975	834	690	6139
Colisión lateral y frontolateral	745	560	578	464	371	341	3059
Colisión frontal	688	618	501	443	342	335	2927
Atropello a peatón	334	284	262	210	191	179	1460
Colisión trasera y múltiple	284	332	259	208	179	197	1459
Otro tipo de accidente	169	325	355	125	158	138	1270
Vuelco	46	57	64	41	55	48	311

Tabla 7 Fallecidos en carretera por el modo en que se produce el accidente 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

FALLECIDOS EN ZONA URBANA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Atropello a peatón	326	281	286	240	268	270	1671
Colisión lateral y frontolateral	183	163	149	152	100	87	834
Salida de la vía	123	108	87	87	69	62	536
Otro tipo de accidente	51	88	105	67	60	68	439
Colisión trasera y múltiple	42	38	63	38	44	30	255
Colisión frontal	45	40	29	29	28	15	186
Vuelco	20	19	22	21	15	18	115

Tabla 8 Fallecidos en zona urbana por el modo en que se produce el accidente 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

En las figuras 18 y 19, distribuimos porcentualmente los datos obtenidos de las tablas 7 y 8 para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

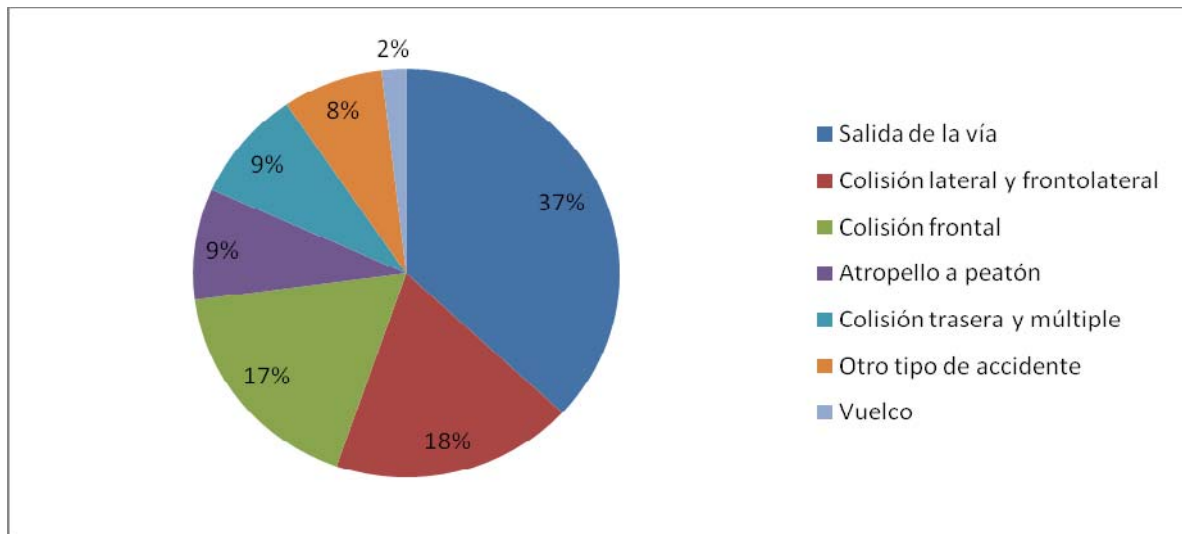


Fig. 18 Distribución porcentual: fallecidos por tipo de accidente en carretera 2005-2010

En carretera, el tipo de accidente que más muertes ha ocasionado, ha sido la salida de vía, con un porcentaje del 37% sobre el total de fallecidos entre 2005 y 2010, seguido de la colisión lateral y frontolateral con un 18%, y de la colisión frontal con un 17%. La suma de estos tres tipos de accidentes, monopolizan un 72% de los fallecidos en zona urbana.

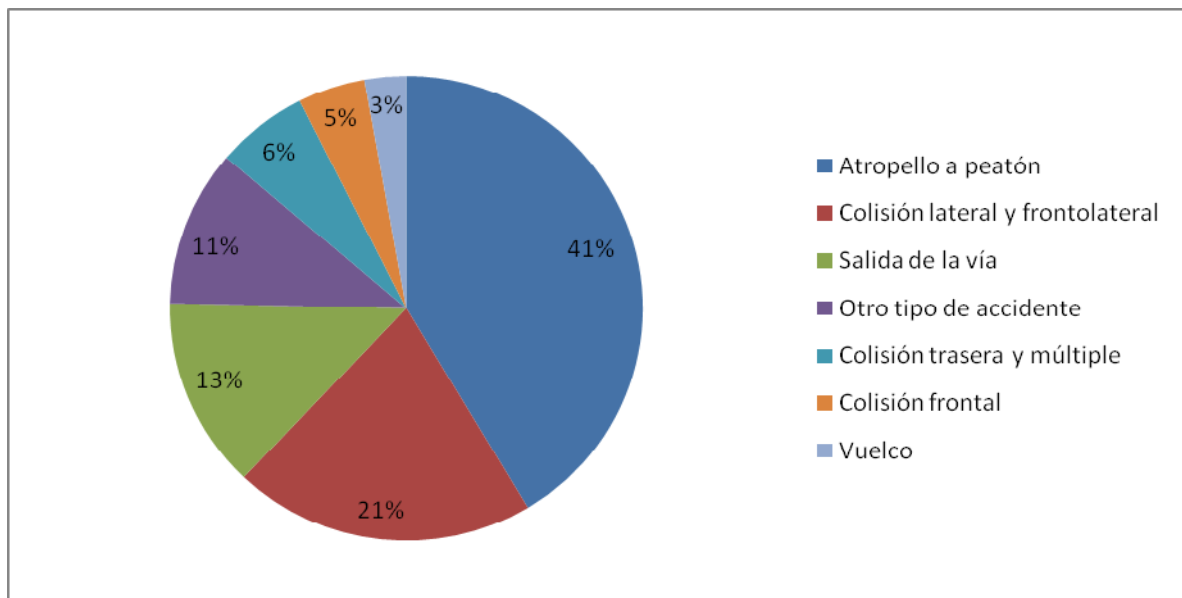


Fig. 19 Distribución porcentual: fallecidos por tipo de accidente en zona urbana 2005-2010

En zona urbana, el tipo de accidente que más muertes ha ocasionado, ha sido el atropello a peatón, con un porcentaje del 41% sobre el total de fallecidos entre 2005 y 2010, seguido de la colisión lateral y frontolateral con un 21%, y de la salida de la vía con un 13%. La suma de estos tres tipos de accidentes, explican el 75% de los fallecidos en zona urbana.

Así pues, podremos decir que tanto en carretera como en zona urbana, los tipos de accidentes que mayor número de veces se dan, también son los que mayor gravedad revisten, ya que son los que más muertes acumulan.

También es importante tener en cuenta, el tipo de vía en la que sucede el accidente en carretera, lo cual nos va a orientar sobre la gravedad del suceso.

Las autopistas, son el tipo de carretera más seguro. Es obvio, ya que el hecho de tener que pagar un peaje hace que estén menos transitadas. También están mejor conservadas y su mantenimiento es continuo.

Las autovías, son el siguiente tipo de carretera más seguro. Dada su gratuidad, el tránsito es mucho mayor que en las autopistas, por lo que es lógico pensar que abarquen un mayor número de accidentes con fallecidos.

Podemos observar en la tabla 9, cómo han evolucionado el número de fallecidos en autopista y autovía para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

FALLECIDOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010/2005
Autopista	219	232	164	109	89	89	-59%
Autovía	631	535	447	378	371	325	-48%

Tabla 9 Evolución de los fallecidos en autopista y autovía 2005-2010

Podemos observar en la tabla un resultado muy positivo. En autopista, se ha reducido un 59% el número de fallecidos, y en autovía, un 48%. Estos datos demuestran que son las carreteras más seguras.

El resto de vías, entre las que destacamos las carreteras nacionales, son las que presentan un mayor riesgo de accidente y son las que por su peligrosidad reúnen el mayor número de fallecidos.

Podemos concluir diciendo que si el accidente es en carretera y el tipo de vía es distinto de autopista o autovía, por lo general va a ser de mayor gravedad.

➤ **Análisis de cómo influye la persona:**

En un punto anterior, cuando estudiamos los elementos del accidente, vimos como el factor humano es el más influyente en el accidente.

En las personas, la edad, es una característica principal, por lo que considero importante analizar por grupos de edad el número de víctimas mortales en accidente para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

Podemos observar en la tabla 10, los datos relativos a dicha cuestión.

FALLECIDOS POR GRUPOS DE EDAD	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
0-14	121	115	108	84	60	79	567
15-24	873	741	690	561	434	363	3662
25-34	995	955	897	644	572	453	4516
35-44	700	717	646	512	490	442	3507
45-54	537	494	472	403	368	346	2620
55-64	429	368	367	292	256	248	1960
65 y más	713	667	602	551	501	529	3563
Sin especificar	74	47	41	53	33	18	266

Tabla 10 Fallecidos por grupos de edad 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

En la figura 20, podemos ver distribuidos porcentualmente los datos asociados a la tabla 10 para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

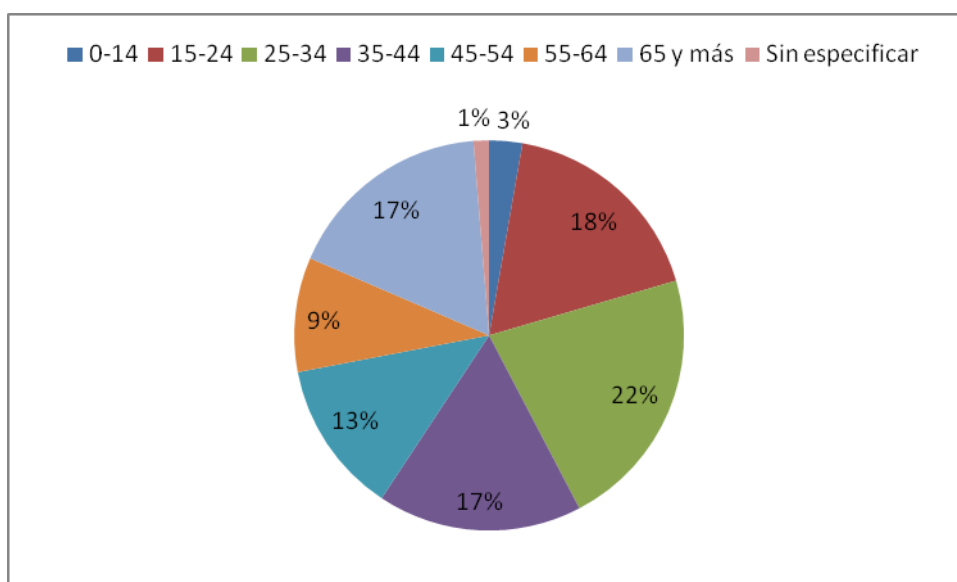


Fig. 20 Distribución porcentual: fallecidos por grupos de edad 2005-2010

Las personas con edad comprendida entre 25 y 34 años, son con un 22%, el grupo de edad que presenta mayor número de fallecidos en accidente para el periodo 2005-2010. A continuación, le sigue con un 18% el grupo que engloba la edad entre 15 y 24, y con un 17% los grupos que abarcan edades entre 35 y 44, y 65 o más.

Si observamos la figura 21, vamos a ver cómo hasta los 34 años el riesgo de tener un accidente mortal va en aumento. A partir de ahí, a medida que la edad de la persona avanza, el riesgo disminuye, pero cuando la persona alcanza los 65 años, vuelve a aumentar considerablemente.

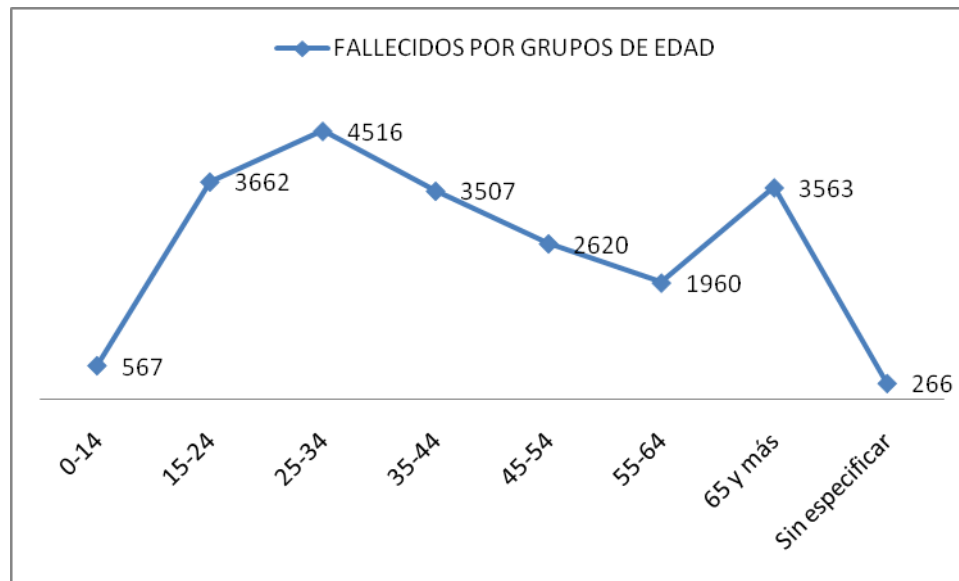


Fig. 21 Número de fallecidos por grupos de edad 2005-2010

➤ Análisis de cómo influye el tipo de vehículo:

Anteriormente, cuando estudiamos el apartado de servicios de emergencias, observamos cómo influía en la duración del rescate la antigüedad del vehículo accidentado. Se llegó a la conclusión de que el rescate en vehículos antiguos se suele realizar con mayor rapidez que en modelos nuevos, y esto se debía a la elevada carga tecnológica en los modelos nuevos, que complica la labor de los servicios de asistencia a la hora de abrir el automóvil y rescatar a sus ocupantes.

El turismo es el tipo de vehículo que se ve involucrado en más accidentes, y esto se debe a que también es el tipo de vehículo que cuenta con un mayor número en el parque de automóviles.

En la tabla 11, se representan los accidentes con víctimas en función de los diferentes tipos de vehículos, y en la tabla 12 los fallecidos, también en función de los diferentes tipos de vehículos; ambas tablas para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

Con los valores que se obtienen de la tablas 11 y 12 para el periodo citado, construimos una nueva tabla en la que vamos a calcular para cada tipo de vehículo el porcentaje qué suponen los fallecidos sobre los accidentes con víctimas, con el fin de demostrar en que tipos de vehículos podemos esperar una mayor gravedad cuando ocurre el accidente. El resultado lo podemos ver en la tabla 13.

ACCIDENTES CON VÍCTIMAS POR TIPOS DE VEHÍCULOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Turismo	72828	78618	79371	73467	70097	68490	442871
Motocicleta	12302	15448	18307	17583	18047	17702	99389
Ciclomotor	17635	18300	17148	14269	11280	9823	88455
Furgoneta	8494	10235	10299	9196	8155	7882	54261
Camión + 3500 Kg	4950	5598	5572	4449	3533	3313	27415
Bicicleta	2338	2520	2701	2971	3469	3606	17605
Camión - 3500 Kg	2940	3367	3206	2828	2328	2250	16919
Autobús	1822	2008	1956	2046	1852	1777	11461

Tabla 11 Tipos de vehículos en accidentes con víctimas 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

FALLECIDOS POR TIPOS DE VEHÍCULOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Turismo	2390	2095	1821	1501	1263	1197	10267
Motocicleta	472	481	632	495	438	386	2904
Ciclomotor	313	308	248	183	156	100	1308
Furgoneta	181	230	201	158	147	104	1021
Camión + 3500 Kg	128	135	92	81	69	70	575
Bicicleta	82	75	89	54	56	67	423
Camión - 3500 Kg	36	38	27	24	23	11	159
Autobús	26	35	15	27	21	4	128

Tabla 12 Tipos de vehículos en accidentes mortales 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

% FALLECIDOS POR TIPOS DE VEHÍCULOS (2005-2010)	Accidentes con víctimas	Fallecidos	% de fallecidos
Motocicleta	99389	2904	2,9%
Bicicleta	17605	423	2,4%
Turismo	442871	10267	2,3%
Camión + 3500 Kg	27415	575	2,1%
Furgoneta	54261	1021	1,9%
Ciclomotor	88455	1308	1,5%
Autobús	11461	128	1,1%
Camión - 3500 Kg	16919	159	0,9%

Tabla 13 Porcentajes de fallecidos por tipos de vehículos 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

Como podemos observar en la tabla 13, el número de fallecidos que supone un mayor porcentaje respecto de los accidentes con víctimas, corresponde a la motocicleta con un 2,9%, seguido de la bicicleta con un 2,4%, y del turismo con un 2,3%.

En la figura 22, podemos ver comparados los porcentajes calculados en la tabla 13, referentes a todos los tipos de vehículos.

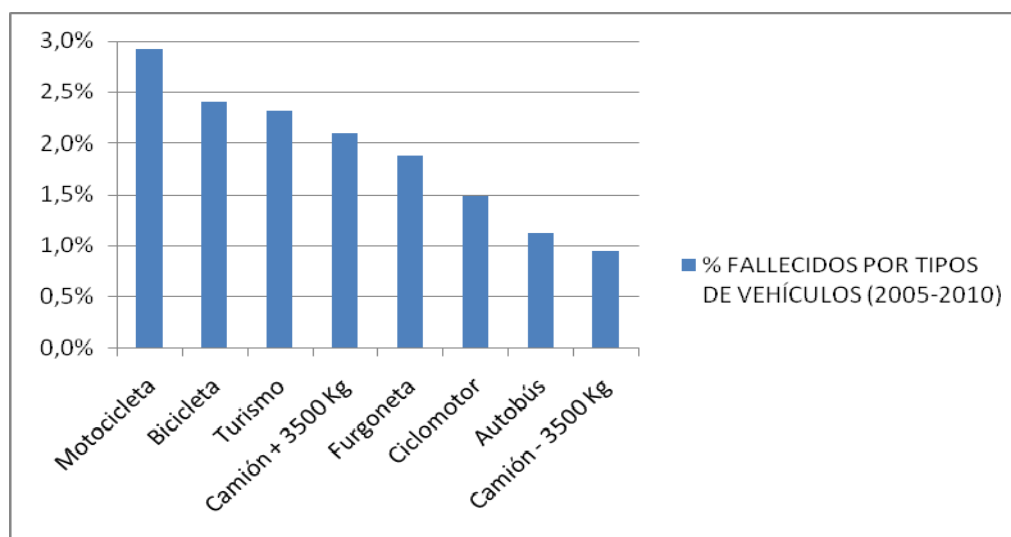


Fig. 22 Porcentajes de fallecidos en accidentes con víctimas (2005-2010)

➤ **Análisis de cómo influye la fecha y la hora:**

En base a la fecha y la hora en la que nos encontremos, existirán mayores o menores posibilidades de tener un accidente. Vamos a analizar este punto observando distintos datos, que dependen del mes del año, del día de la semana y de la hora del día.

En la tabla 14, podemos ver una relación de las víctimas mortales divididas por meses para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

VÍCTIMAS MORTALES POR MESES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Enero	344	375	286	265	222	197	1689
Febrero	341	282	264	235	208	148	1478
Marzo	365	339	351	241	233	174	1703
Abril	340	368	303	247	201	172	1631
Mayo	372	367	324	265	237	211	1776
Junio	402	352	313	261	244	202	1774
Julio	443	380	385	311	259	251	2029
Agosto	414	331	363	302	274	258	1942
Septiembre	363	350	361	229	205	221	1729
Octubre	372	317	337	268	223	242	1759
Noviembre	324	319	239	241	193	206	1522
Diciembre	362	324	297	235	215	196	1629

Tabla 14 Víctimas mortales por meses 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

Se observa, que el total de las víctimas mortales para el periodo 2005-2010 aumenta en los meses que se corresponden con los periodos de vacaciones de verano. En la figura 23, podemos ver reflejada dicha conclusión de forma gráfica.

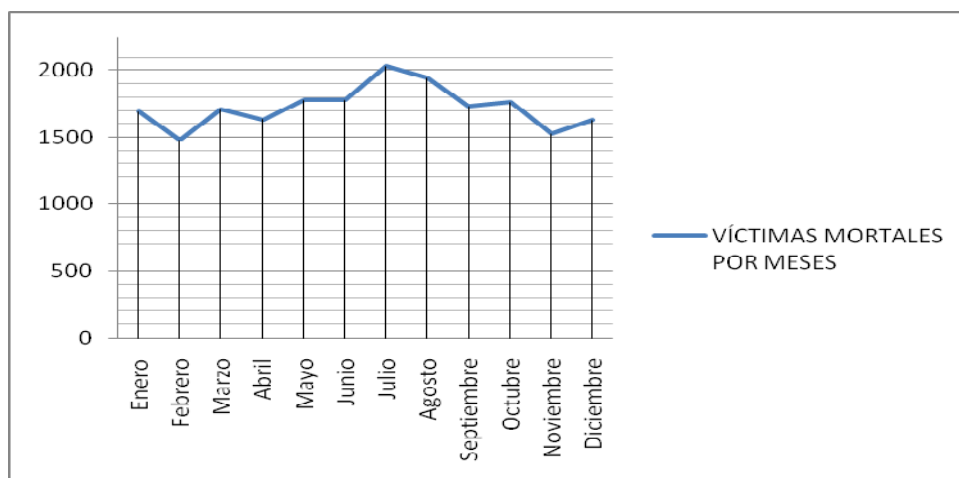


Fig. 23 Víctimas mortales por meses en el periodo 2005-2010

Es evidente pensar, que existen claros motivos que hacen a los meses de julio y agosto los más peligrosos del año. Esto se debe, principalmente, a que coinciden con la época del año en la que mayor afluencia de tráfico hay en las carreteras, y en segundo lugar, a la falta de atención en la conducción de los vehículos, provocada por la relajación sufrida de forma inconsciente en las personas cuando entran en el periodo vacacional.

También es necesario analizar qué día o días de la semana son los que engloban el mayor número de accidentes. En la tabla 15, podemos ver una relación de las víctimas mortales divididas por los días de la semana para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

VÍCTIMAS MORTALES POR DÍAS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Lunes	614	525	479	411	347	323	2699
Martes	519	492	450	379	312	303	2455
Miércoles	551	456	453	374	342	313	2489
Jueves	573	477	466	401	354	337	2608
Viernes	644	682	542	466	384	374	3092
Sábado	780	747	719	522	489	418	3675
Domingo	761	725	714	547	486	410	3643

Tabla 15 Víctimas mortales por días de la semana 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

Se observa, que el total de las víctimas mortales para el periodo 2005-2010 es mayor en sábado, seguido muy de cerca del domingo. En la figura 24, podemos ver la distribución porcentual de las víctimas mortales por días para el citado periodo.



Fig. 24 Víctimas mortales por días de la semana 2005-2010

En el fin de semana, compuesto por viernes, sábado y domingo, se acumularon el 51% de las víctimas mortales. El riesgo de sufrir un accidente y de que este sea grave, es más probable si nos encontramos en estos días de la semana.

Del mismo modo, vamos a analizar la hora del accidente, considerando que tramo horario acumula el mayor número de accidentes. En la tabla 16, podemos ver una relación de las víctimas mortales divididas en dos tramos horarios, para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

VÍCTIMAS MORTALES POR INTERVALO HORARIO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010	% (2005-2010)
De 8 a 19 horas	2586	2401	2229	1911	1663	1509	12299	60%
De 20 a 7 horas	1856	1703	1594	1189	1051	969	8362	40%

Tabla 16 Víctimas mortales por intervalo horario 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

El hecho de que se produzcan más accidentes con víctimas mortales en el tramo horario que se corresponde con las horas de más luz, tiene su explicación en la mayor afluencia de tráfico en dicho intervalo horario. Concretamente, para el periodo 2005-2010, el 60% del total de las víctimas mortales se produjeron en accidentes comprendidos entre las 8 y las 19 horas.

Ahora vamos a calcular, para ambos intervalos horarios, qué porcentaje suponen los muertos en relación con los accidentes, con el fin de concluir qué tramo horario es más peligroso. Dicho cálculo lo podemos ver reflejado en la tabla 17.

MUERTOS Y ACCIDENTES POR INTERVALO HORARIO		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010	% Muertos (2005-2010)
De 8 a 19 h.	Accidentes	62665	67547	65368	64858	62559	60258	383255	3,21%
	Muertos	2586	2401	2229	1911	1663	1509	12299	
De 20 a 7 h.	Accidentes	28522	32250	35140	28303	25992	25245	175452	4,77%
	Muertos	1856	1703	1594	1189	1051	969	8362	

Tabla 17 Muertos y accidentes por intervalo horario 2005-2010

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

Como es lógico, en el intervalo horario correspondiente a las horas de menos luz del día, es cuando el porcentaje de muertos en relación con el número de accidentes es superior. Esto nos indica que, aun siendo la noche el periodo del día con más baja intensidad de tráfico, es sin embargo el más peligroso.

4.4 FACTORES CONCURRENTES EN EL ACCIDENTE

Existen diversos factores que se presentan en los accidentes y que pueden alterar el resultado de los mismos. La peligrosidad del accidente, se ve influenciada por factores como la velocidad, el uso del cinturón o casco y la tasa de alcohol.

Así pues, vamos a analizar dichos parámetros de forma individual, extrayendo conclusiones respecto a su influencia en el accidente.

4.4.1 La velocidad

La velocidad inadecuada, está presente en un porcentaje muy elevado de los accidentes con víctimas. En 2010, en el 27% de los accidentes mortales en España, se apreció que la velocidad fue un factor concurrente [Sin11].

En la tabla 18, podemos observar por tipo de vía, los porcentajes de accidentes en los que se apreció velocidad inadecuada, para el periodo comprendido entre 2005 y 2010 en España.

TIPO DE VÍA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Evolución (2005 -2010)
Autopista	16%	15%	14%	14%	14%	14%	-2%
Autovía	20%	17%	16%	16%	18%	19%	-1%
Vía convencional	26%	23%	21%	20%	20%	20%	-6%
Camino vecinal	35%	28%	34%	33%	31%	27%	-8%
Vía de servicio	20%	19%	20%	23%	18%	20%	0%
Ramal de enlace	32%	30%	19%	14%	13%	9%	-23%

Tabla 18 Porcentaje de accidentes en los que se apreció velocidad inadecuada

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

No existen grandes variaciones en autopista y autovía, y sí que se mejoran los datos significativamente en vía convencional, reduciéndose en 6 puntos.

Es muy significativa la evolución para el ramal de enlace, que con un 23%, es la vía en la que más se han reducido los accidentes en los que se aprecia velocidad inadecuada.

Circular por cualquier tipo de vía superando la velocidad permitida, tiene relación directa con la gravedad del accidente. Podemos pensar, que la gravedad del accidente aumenta de forma exponencial conforme mayor sea la diferencia entre la velocidad a la que circulemos y la permitida para la vía.

Por ejemplo, en una invasión de carril causada por distracción, una menor velocidad de circulación de los vehículos implica una mayor probabilidad de realizar una maniobra evasiva (frenado, cambio de dirección) con éxito.

En cuanto a la lesividad, es importante conocer tanto la masa como la velocidad de los implicados en el accidente. Por ejemplo, un choque entre un autobús y un coche, se corresponde con un accidente de gravedad debido a la diferencia de masa entre ambos vehículos, sin embargo, la gravedad de un choque entre un ciclista y un peatón depende de la velocidad que lleve el ciclista. Una menor velocidad de circulación de los vehículos implica un menor riesgo de lesiones en una colisión.

Así pues, la velocidad afecta a la gravedad del accidente y también aumenta la probabilidad de que tengamos un accidente.

4.4.2 La tasa de alcohol

El alcohol, está presente como factor concurrente o desencadenante en un tercio de los accidentes mortales, por lo que es necesario tener en cuenta sus efectos y consecuencias.

En España, el reglamento vigente especifica los márgenes legales que podemos observar en la tabla 19 en cuanto a la tasa de alcohol del conductor.

ESPAÑA	Conductor	Tasa en aire	Tasa en sangre
	General	0,25 mg/l	0,5 g/l
	Novel	0,15 mg/l	0,3 g/l
	Profesional	0,15 mg/l	0,3 g/l
	Es delito	0,6 mg/l	1,2 g/l

Tabla 19 Límite de la tasa de alcohol en España

Algunos de los efectos que provoca la ingesta de alcohol, como el aumento del tiempo de reacción, los problemas de visión, la somnolencia, la pérdida de control, la excitabilidad o problemas de coordinación, multiplican de forma alarmante el riesgo de accidente, como podemos ver en la figura 25.

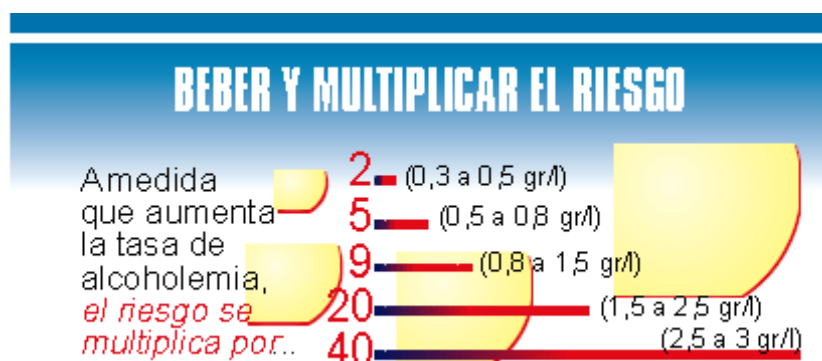


Fig. 25 Relación entre el riesgo de accidente y la tasa de alcohol

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad

En la tabla 20, podemos observar la influencia que ha tenido el alcohol en los conductores que sufrieron accidentes en España para el periodo comprendido entre 2005 y 2010.

CONDUCTORES FALLECIDOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Valor medio (2005-2010)
% Conductores analizados	51,2%	52,9%	51,9%	50,5%	54,6%	56,6%	53,0%
% Conductores Tasa > 0'3 g/l	30,2%	28,8%	29,9%	31,0%	30,0%	31,0%	30,2%

Tabla 20 Porcentajes de conductores fallecidos analizados y cuya tasa > 0,3 g/l

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

Según los datos de la tabla 20, en el periodo comprendido entre 2005 y 2010 en España, resultaron analizados de media el 53% de los conductores fallecidos, dando una tasa superior a 0,3 g/l en el 30,2% de los casos.

La ingesta de alcohol no solo está relacionada con una mayor accidentabilidad, sino que también repercute en una mayor mortalidad, al ser un factor relacionado con un peor pronóstico en las lesiones sufridas.

4.4.3 Uso del cinturón o casco

Tanto el cinturón de seguridad como el casco, son elementos de seguridad pasiva que intervienen una vez iniciado el accidente, minimizando los daños en las personas.

En las tablas 21 y 22, vamos a ver unas estadísticas que nos relacionan el uso del casco y el cinturón con los muertos en accidente, tanto en carretera como en zona urbana.

MUERTOS CARRETERA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Valor medio (2005-2010)
No utilizaban cinturón	32%	39%	26%	23%	22%	23%	28%
No utilizaban casco en motocicleta	8%	7%	5%	5%	3%	6%	6%
No utilizaban casco en ciclomotor	47%	34%	28%	32%	27%	24%	32%

Tabla 21 Conductores muertos en carretera por no usar el cinturón o casco 2005-2010 España

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

MUERTOS ZONA URBANA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Valor medio (2005-2010)
No utilizaban cinturón	47%	32%	44%	37%	34%	35%	38%
No utilizaban casco en motocicleta	19%	16%	16%	16%	13%	9%	15%
No utilizaban casco en ciclomotor	34%	36%	28%	14%	18%	24%	26%

Tabla 22 Conductores muertos en zona urbana por no usar el cinturón o casco 2005-2010 España

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la DGT

Según los datos de la tabla 21, para el periodo comprendido entre 2005 y 2010 en España, el 28% de media de los muertos en carretera no usaban el cinturón, el 6% de media no utilizaban el casco en motocicleta y el 26% de media no utilizaban el casco en ciclomotor.

Según los datos de la tabla 22, para el periodo comprendido entre 2005 y 2010 en España, el 38% de media de los muertos en zona urbana no usaban el cinturón, el 15% de media no utilizaban el casco en motocicleta y el 26% de media no utilizaban el casco en ciclomotor.

En la figura 26, podemos ver comparados gráficamente, los datos de las tablas 21 y 22 relativos a los valores medios del periodo mencionado anteriormente.

Se observa que tanto los porcentajes de muertos en zona urbana como en carretera, por no usar el cinturón o el casco en ciclomotor, son muy elevados. Este dato nos indica el incremento de la gravedad que conlleva el no usar dichos sistemas de seguridad, marcando la diferencia entre tener un accidente leve, grave o mortal, dependiendo de su uso. En cuanto a las motocicletas, todo indica que los motoristas se han concienciado de la importancia y obligatoriedad del uso del casco.

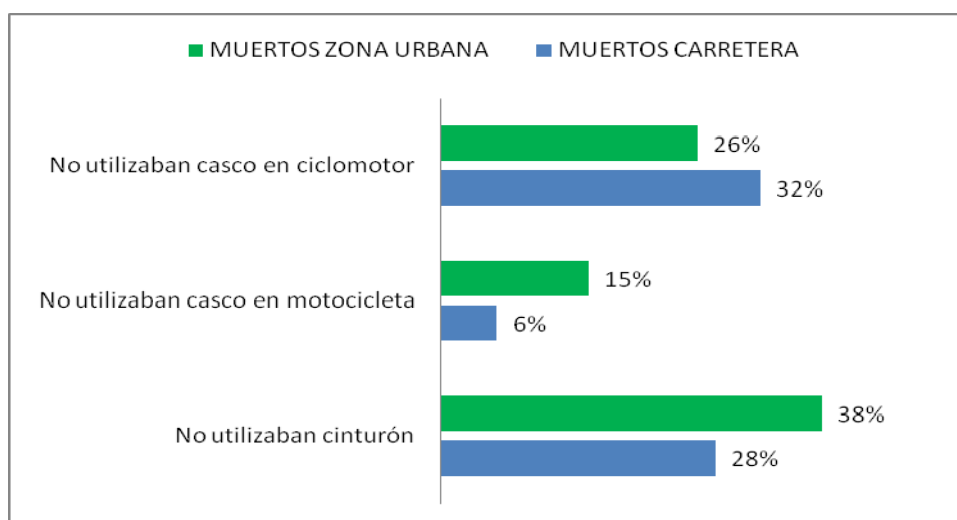


Fig. 26 Porcentaje de muertos que no usaban el casco o cinturón 2005-2010 en España

4.5 COMPARACIÓN CON LA BASE DE DATOS EUROPEA

En este punto, se actúa sobre las estadísticas europeas, con el fin de sacar conclusiones observando cómo influye el entorno, las personas en los accidentes. Se tiene en cuenta, el periodo comprendido entre 2005 y 2010 para los 27 países que aportan datos a la base CARE, siempre que es posible.

- Análisis observando globalmente los accidentes por sus resultados:

En la tabla 23, podemos ver las cifras resultantes de desglosar los accidentes dependiendo de su repercusión sobre las personas, es decir, por sus resultados.

TOTAL	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Accidentes con víctimas	1326302	1303930	1302998	1239113	1188992	1114980	7476315
Fallecidos (1)	45346	43104	42540	38941	34814	31029	235774
Heridos leves y graves (2)	1747368	1719088	1722548	1631207	1571534	1473443	9865188
Total (1)+(2)	1792714	1762192	1765088	1670148	1606348	1504472	10100962

Tabla 23 Accidentes en Europa dependiendo de su repercusión sobre las personas (2005-2010)

Fuente: CARE (Base de datos de la Unión Europea)

En el periodo comprendido entre 2005 y 2010, se produjeron un total de 7.476.315 de accidentes con víctimas en Europa.

Del total, un 98% son heridos leves y graves, y un 2% fallecidos. Así pues, se puede deducir que se mantienen las proporciones entre heridos y fallecidos calculadas anteriormente para España, pero no podemos distinguir entre heridos leves y graves, ya que este dato no es proporcionado a nivel Europeo en la base de datos CARE.

➤ Análisis de cómo influye el entorno:

Ahora vamos a analizar cómo influye el entorno donde se produce el accidente. Para ello presentamos los datos de la tabla 24, donde analizamos los fallecidos en accidentes en carretera y en zona urbana para el periodo 2005-2008 en los 22 países europeos.

FALLECIDOS	2005	2006	2007	2008	2005-2008
Zona urbana	16019	14977	14886	14242	60124
Carretera	23201	22001	21736	19621	86559

Tabla 24 Fallecidos en accidentes en carretera y zona urbana 2005-2008 en Europa

Fuente: CARE (Base de datos de la Unión Europea)

Anteriormente, vimos que la cifra total de fallecidos en España para el periodo 2005-2010, era de 16625 en carretera y 4036 en zona urbana, lo que se traduce en un 80% y un 20% respectivamente, muy distinto del dato que podemos observar para Europa en la figura 27, con un reparto del 59% en carretera y un 41% en zona urbana.

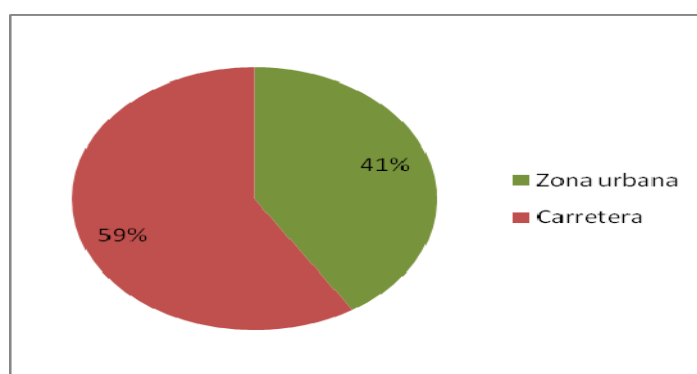


Fig. 27 Distribución porcentual de fallecidos en carretera y zona urbana 2005-2008 en Europa

➤ Análisis de cómo influye la persona:

Resulta interesante analizar por grupos de edad, el número de víctimas mortales en accidente para el periodo comprendido entre 2005 y 2008 en 25 países europeos. Podemos observar en la tabla 25, los datos relativos a dicha cuestión.

FALLECIDOS POR GRUPOS DE EDAD	2005	2006	2007	2008	2005-2008
0-14	1328	1233	1147	1041	4749
15-17	1574	1383	1405	1264	5626
18-24	7697	7113	7007	6423	28240
25-49	16952	16244	16161	14314	63671
50-64	6825	6682	6552	6325	26384
65 y más	8080	7948	7965	7486	31479
Sin especificar	616	612	459	422	2109

Tabla 25 Fallecidos por grupos de edad 2005-2008

Fuente: CARE (Base de datos de la Unión Europea)

En la figura 28, podemos ver distribuidos porcentualmente los datos asociados a la tabla 25 para el periodo comprendido entre 2005 y 2008.

Las personas con edad comprendida entre 25 y 49 años, son con un 39%, el grupo de edad que presenta mayor número de fallecidos en accidente para el periodo 2005-2008. A continuación, le sigue con un 19% el grupo que engloba la edad 65 o más, y con un 18% el grupo que abarca edades entre 18 y 24 años.

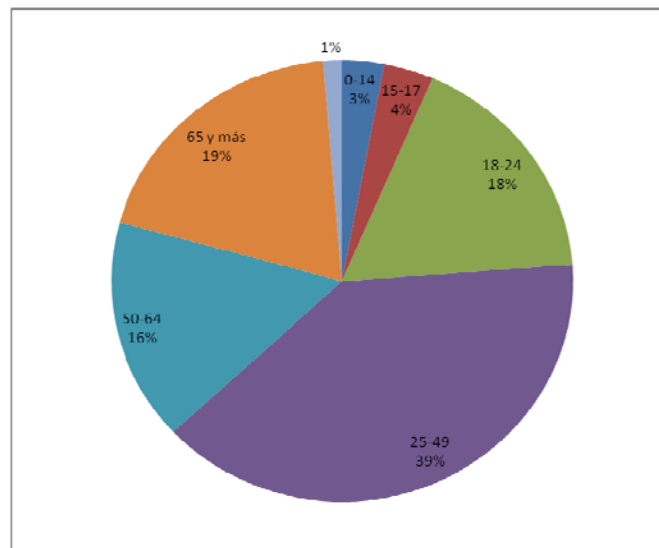


Fig. 28 Distribución porcentual: fallecidos por grupos de edad 2005-2008

Se observa, que salen datos muy similares a los que sacamos para España si comparamos los datos:

España: 22%(25-34 años) + 17%(35-44 años) = 39%(25-44 años) ←

Europa: 39%(25-49 años) ←

España: 18%(grupo 15-24 años) ←

Europa: 4%(15-17 años) + 18%(grupo 17-24 años) = 22%(15-24 años) ←

España: 17%(65 y más años) ↔ Europa: 19%(65 y más años)

4.6 ÍNDICE DE GRAVEDAD

Anteriormente, vimos que se podían estructurar los datos relativos a los accidentes en tres tipos, dependiendo del origen de estos. Para la estimación del índice de gravedad, usaremos principalmente los que se pueden extraer de bases de datos y los relativos al transporte y al tráfico.

La objetividad de los datos usados, va a repercutir directamente en la estimación del índice de gravedad. Como es lógico, contra más veraz sea la información que usemos para su cálculo, más nos acercaremos a la realidad sobre la gravedad del accidente.

El índice que calcularemos, no se va a basar en la severidad de las heridas de los involucrados en el accidente, sino que vamos a determinar la gravedad del accidente por medio de parámetros que lo caracterizan, como veremos posteriormente.

4.6.1 Datos admisibles en la estimación de la gravedad

Todos los datos que nos interesan sobre el accidente se pueden distinguir en dos bloques, atendiendo a si se tratan de datos relativos a la información del vehículo y sus ocupantes, o si se trata de información del accidente.

En la figura 29, podemos ver esquematizados los datos que considero más interesantes:

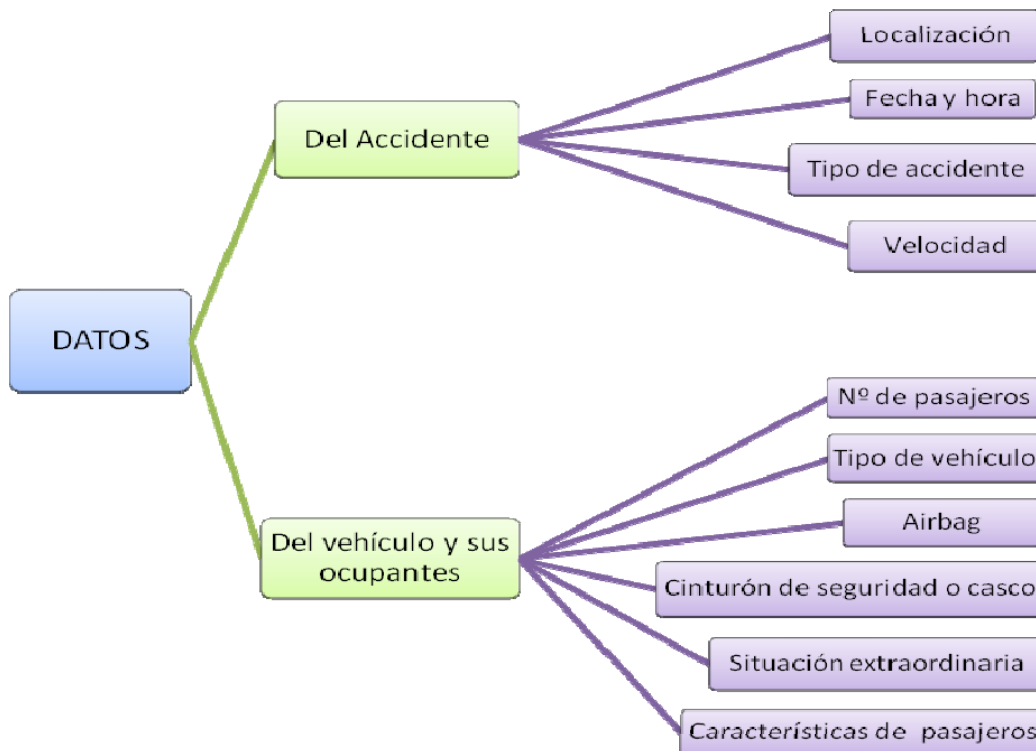


Fig. 29 Esquema de datos más relevantes

- Localización: Con la determinación de la posición exacta del accidente, conseguimos conocer el tipo de vía: zona urbana o carretera (autovía, autopista u otro tipo de vía).
- Fecha y hora: La información de la fecha y la hora nos permite distinguir entre tramo horario diurno y nocturno, si es fin de semana o periodo vacacional.
- Tipo de accidente: Dependiendo de la localización, el tipo de accidente influirá directamente en la gravedad de este, pudiendo distinguir tanto para zona urbana como carretera los siguientes tipos: salida de vía, colisión

frontal, colisión lateral y frontolateral, colisión trasera y múltiple, atropello a peatón, vuelco u otro tipo de accidente.

- Velocidad: En base al tipo de vía, el valor inadecuado de la velocidad aumenta exponencialmente la gravedad del accidente.
- Número de pasajeros: Se trata de información básica para los servicios de emergencias.
- Tipo de vehículo: El modelo, la antigüedad, y si se trata de un turismo, motocicleta, etc.
- Airbag: Si han entrado en funcionamiento o no, tanto frontal como lateralmente, será indicador de la gravedad del impacto.
- Cinturón de seguridad o casco: Si todos los ocupantes del vehículo accidentado lo tenían puesto.
- Situación extraordinaria: Posibilidad de incendio del vehículo, explosión, mercancía peligrosa, etc.
- Características de los pasajeros: Edad, peso, si están conscientes, si pueden hablar, alcohol, etc.

4.6.2 Cálculo del índice de gravedad

Vamos a representar la gravedad del accidente por medio de un índice, que será el resultado de la interacción de determinados factores relativos al accidente.

Para dicho propósito, nos basamos en la escala de valores siguiente:

0 $\Rightarrow$ Sin gravedad

1 $\Rightarrow$ Leve

2 $\Rightarrow$ Moderado

3 $\Rightarrow$ Serio

4 $\Rightarrow$ Grave

5 $\Rightarrow$ Muy grave

6 $\Rightarrow$ Máximo

El índice de gravedad, lo calcularemos sumando el valor de las puntuaciones, según la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de gravedad} = [0,45 \cdot (\text{Datos ocupantes}) + 0,35 \cdot (\text{Vehículo}) + 0,2 \cdot (\text{Entorno})]$$

Para que la formula resulte fiable, se le ha aplicado a cada parámetro un porcentaje. Esto tiene su explicación, ya que cada elemento del accidente, como ya vimos en el tercer apartado de la base teórica de este estudio, tiene un peso distinto en la accidentabilidad.

El máximo valor que puede alcanzar el índice es 5. Como situación excepcional, si alguna puntuación individual corresponde al valor 6 (máximo), el índice automáticamente toma la valoración 6 independientemente del resto de puntuaciones.

Construiremos una serie de tablas, donde daremos valor a los distintos casos que nos podemos encontrar, siempre basándonos tanto en el análisis de las estadísticas vistas para España anteriormente como en datos que nos puede proporcionar el vehículo.

Vamos a ver de forma independiente como calculamos cada variable del índice de gravedad y las tablas de valoraciones en las que nos basaremos.

➤ Cálculo de la variable “Datos ocupantes”

Para este caso, se tiene en cuenta los datos relativos al número de pasajeros, la edad de las víctimas y la tasa de alcohol.

El máximo valor que puede alcanzar la variable “Datos ocupantes” es 5. Como situación excepcional, si alguna puntuación individual corresponde al valor 6 (máximo), la variable automáticamente toma la valoración 6 independientemente del resto de puntuaciones.

Si de alguno de los datos que componen la variable “Datos ocupantes” no existe información relativa del accidente, se dará el valor 3 a dicho dato con el fin de no alterar el resultado final del índice de gravedad.

La variable “Datos ocupantes”, la calcularemos sumando el valor de las puntuaciones independientes de los distintos factores que intervienen, según la siguiente fórmula:

$$\text{Datos ocupantes} = \frac{N^{\circ} \text{ de pasajeros} + \text{Edad de las víctimas} + \text{Tasa de alcohol}}{3}$$

Debido a que las edades de las víctimas no es un dato homogéneo para todas ellas, calcularemos independientemente el valor del factor “Edad de las víctimas” con la siguiente fórmula, en la que cada víctima tiene su propia valoración dependiendo de su edad:

$$\text{Edad de las víctimas} = \frac{\text{Víctima } N^{\circ}1 + \text{Víctima } N^{\circ}2 + \dots + \text{Víctima } N^{\circ}x}{x}$$

Podemos observar en las tablas 26, 27 y 28, los datos relativos a dichas variables.

Nº DE PASAJEROS	Valoración
1	1
2	2
3-5	3
5-7	4
7 y más	5

Tabla 26 Puntuaciones de gravedad para número de pasajeros

GRUPOS DE EDAD	Valoración
0-14	3
15-24	4
25-34	5
35-44	4
45-54	2
55-64	3
65 y más	4

Tabla 27 Puntuaciones de gravedad para grupos de edad

TASA DE ALCOHOL	Valoración
Sin alcohol	1
(0-0,3) g/l	4
(0,3-0,8) g/l	5
0,8 g/l y más	6

Tabla 28 Puntuaciones de gravedad para tasa de alcohol

➤ Cálculo de la variable “Vehículo”

Para este caso, se tiene en cuenta los datos relativos al tipo de accidente, el exceso de velocidad, el tipo de vehículo, el airbag, el cinturón o casco y si existe alguna situación extraordinaria.

Tanto el airbag como el cinturón o casco, son variables que hemos considerado dependientes de la velocidad para valorar la gravedad.

El máximo valor que puede alcanzar la variable “Vehículo” es 5. Como situación excepcional, si alguna puntuación individual corresponde al valor 6 (máximo), la variable automáticamente toma la valoración 6 independientemente del resto de puntuaciones.

Si de alguno de los datos que componen la variable “Vehículo” no existe información relativa del accidente, se dará el valor 3 a dicho dato con el fin de no alterar el resultado final del índice de gravedad.

La variable “Vehículo”, la calcularemos sumando el valor de las puntuaciones independientes de los distintos factores que intervienen, según la siguiente fórmula:

$$\text{Vehículo} = \frac{\text{Accidente} + \text{Exceso V} + \text{Vehículo} + \text{Airbag} + \text{Cinturón o Casco} + \text{Extraordinaria}}{6}$$

Realizamos en las tablas 29, 30, 31, 32, 33 y 34, las valoraciones relativas a dichas variables:

TIPO DE ACCIDENTE		Valoración
ZONA URBANA	Salida de vía	3
	Colisión frontal	2
	Colisión lateral y frontolateral	4
	Colisión trasera y múltiple	2
	Atropello	5
	Vuelco	2
	Otro tipo de accidente	2
CARRETERA	Salida de vía	5
	Colisión frontal	4
	Colisión lateral y frontolateral	4
	Colisión trasera y múltiple	3
	Atropello	3
	Vuelco	3
	Otro tipo de accidente	3

Tabla 29 Puntuaciones de gravedad para tipo de accidente

EXCESO DE VELOCIDAD	Valoración
Sin exceso	1
Exceso: (1%-24%) de la permitida	4
Exceso: (25%-50%) de la permitida	5
Exceso: (>50%) de la permitida	6

Tabla 30 Puntuaciones de gravedad para exceso de velocidad

TIPO DE VEHÍCULO	Valoración
Bicicleta	5
Ciclomotor	3
Motocicleta	5
Turismo	4
Furgoneta	3
Camión - 3500 Kg	2
Camión + 3500 Kg	4
Autobús	2

Tabla 31 Puntuaciones de gravedad para tipo de vehículo

AIRBAG-VELOCIDAD		Valoración
Airbag salta correctamente	Sin exceso	1
	Exceso: (1%-24%) de la permitida	3
	Exceso: (25%-50%) de la permitida	4
	Exceso: (>50%) de la permitida	6
Airbag no salta	Sin exceso	2
	Exceso: (1%-24%) de la permitida	4
	Exceso: (25%-50%) de la permitida	5
	Exceso: (>50%) de la permitida	6

Tabla 32 Puntuaciones de gravedad para airbag

CINTURÓN O CASCO-VELOCIDAD		Valoración
Cinturón o casco puesto correctamente	Sin exceso	1
	Exceso: (1%-24%) de la permitida	3
	Exceso: (25%-50%) de la permitida	4
	Exceso: (>50%) de la permitida	6
Cinturón o casco no puesto	Sin exceso	2
	Exceso: (1%-24%) de la permitida	4
	Exceso: (25%-50%) de la permitida	5
	Exceso: (>50%) de la permitida	6

Tabla 33 Puntuaciones de gravedad para cinturón o casco

SITUACIÓN EXTRAORDINARIA	Valoración
Incendio o explosión	6
Mercancía peligrosa	6
Resto de situaciones	3

Tabla 34 Puntuaciones de gravedad para situación extraordinaria

➤ Cálculo de la variable “Entorno”

Para este caso, se tiene en cuenta los datos relativos a la localización y a la fecha-hora.

El máximo valor que puede alcanzar la variable “Entorno” es 5. Como situación excepcional, si alguna puntuación individual corresponde al valor 6 (máximo), la variable automáticamente toma la valoración 6 independientemente del resto de puntuaciones.

Si de alguno de los datos que componen la variable “Entorno” no existe información relativa del accidente, se dará el valor 3 a dicho dato con el fin de no alterar el resultado final del índice de gravedad.

La variable “Entorno”, la calcularemos sumando el valor de las puntuaciones independientes de los distintos factores que intervienen, según la siguiente fórmula:

$$\text{Entorno} = \frac{\text{Localización} + \text{Fecha y hora}}{2}$$

Podemos observar en las tablas 35 y 36, los datos relativos a dichas variables.

LOCALIZACIÓN		Valoración
Zona urbana	Cualquier tipo de vía	2
Carretera	Autopista	3
	Autovía	4
	Otro tipo de vía	5

Tabla 35 Puntuaciones de gravedad para localización

FECHA Y HORA			Valoración
Hora: Diurno (8h.-19h.)	Laboral (L-M-Mx-Jv)	Resto del año	2
		Julio-Agosto	3
	Fin de semana (V-Sb-D)	Resto del año	3
		Julio-Agosto	4
Hora: Nocturno (20h.-7h.)	Laboral (L-M-Mx-Jv)	Resto del año	3
		Julio-Agosto	4
	Fin de semana (V-Sb-D)	Resto del año	4
		Julio-Agosto	5

Tabla 36 Puntuaciones de gravedad para fecha y hora

4.7 ESTUDIO DE MODELOS DE ACCIDENTES

En este punto, vamos a estudiar varios casos de accidentes reales extraídos de la base de datos GES.

Dicho estudio, nos sirve para comprobar si el cálculo del índice de gravedad propuesto para los diferentes accidentes nos acerca a la realidad.

➤ Case number “201010425911”

Accidente urbano un sábado de enero-2010 a las 14:55 horas, colisión trasera del vehículo 1 al vehículo 2:

Vehículo 1: Turismo marca “Dodge”, 1 persona, varón 18 años, airbag frontal conectado, cinturón de seguridad correcto, sin exceso de velocidad, alcohol negativo.

Vehículo 2: Turismo marca “BMW”, 3 personas, varón conductor de 36 años, mujer pasajera de 37 años, bebe pasajero de 1 año, airbag no han saltado, cinturones de seguridad correctos, sin exceso de velocidad, alcohol negativo.

Cada vehículo se estudia de forma independiente, aunque formen parte del mismo accidente, ya que cada vehículo va a reportar unos datos y pueden tener un valor de gravedad distinto.

- Cálculo del índice de gravedad para el vehículo 1:

$$\text{Edad de las víctimas} = \frac{\text{Víctima } N^{\circ}1 + \text{Víctima } N^{\circ}2 + \dots + \text{Víctima } N^{\circ}x}{x} = \frac{4}{1} = 4$$

$$\text{Datos ocupantes} = \frac{N^{\circ} \text{ de pasajeros} + \text{Edad de las víctimas} + \text{Tasa de alcohol}}{3} = \frac{1 + 4 + 1}{3} = 2$$

$$\text{Vehículo} = \frac{\text{Accidente} + \text{Exceso V} + \text{Vehículo} + \text{Airbag} + \text{Cinturón o Casco} + \text{Extraordinaria}}{6}$$

$$\text{Vehículo} = \frac{2 + 1 + 4 + 1 + 1 + 3}{6} = 2$$

$$\text{Entorno} = \frac{\text{Localización} + \text{Fecha y hora}}{2} = \frac{2+3}{2} = 2,5$$

$$\text{Índice de gravedad} = [0,45 \cdot (\text{Datos ocupantes}) + 0,35 \cdot (\text{Vehículo}) + 0,2 \cdot (\text{Entorno})]$$

$$\text{Índice de gravedad} = [(0,45 \cdot 2) + (0,35 \cdot 2) + (0,2 \cdot 2,5)] = 2,1$$

Según el índice de gravedad calculado para el vehículo 1, se trata de un accidente “moderado”. En el parte del accidente, no existen heridos hospitalizados, por lo que podemos decir que el resultado calculado se corresponde con los datos del accidente.

- Cálculo del índice de gravedad para el vehículo 2:

$$\text{Edad de las víctimas} = \frac{\text{Víctima N}^\circ 1 + \text{Víctima N}^\circ 2 + \dots + \text{Víctima N}^\circ x}{x} = \frac{4+4+3}{3} = 3,66$$

$$\text{Datos ocupantes} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pasajeros} + \text{Edad de las víctimas} + \text{Tasa de alcohol}}{3} = \frac{3+3,66+1}{3} = 2,55$$

$$\text{Vehículo} = \frac{\text{Accidente} + \text{Exceso V} + \text{Vehículo} + \text{Airbag} + \text{Cinturón o Casco} + \text{Extraordinaria}}{6}$$

$$\text{Vehículo} = \frac{2+1+4+2+1+3}{6} = 2,16$$

$$\text{Entorno} = \frac{\text{Localización} + \text{Fecha y hora}}{2} = \frac{2+3}{2} = 2,5$$

$$\text{Índice de gravedad} = [0,45 \cdot (\text{Datos ocupantes}) + 0,35 \cdot (\text{Vehículo}) + 0,2 \cdot (\text{Entorno})]$$

$$\text{Índice de gravedad} = [(0,45 \cdot 2,55) + (0,35 \cdot 2,16) + (0,2 \cdot 2,5)] = 2,4$$

Según el índice de gravedad calculado para el vehículo 2, se trata de un accidente “moderado”. Cabe destacar que el valor del índice es superior al del vehículo 1 y por lo tanto es de mayor gravedad. En el parte del accidente, no existen heridos hospitalizados, por lo que podemos decir que el resultado calculado se corresponde con los datos del accidente.

- Case number “201010426216”:

Accidente urbano un viernes de enero-2010 a las 06:20 horas, salida de vía por exceso de velocidad, turismo marca “Ford” Sedan de 4 puertas del año 2000, 2 personas, conductor varón de 20 años y pasajero varón de 16 años, sin datos de airbag, cinturones de seguridad correctos, alcohol negativo, se ha producido incendio.

$$\text{Edad de las víctimas} = \frac{\text{Víctima N}^\circ 1 + \text{Víctima N}^\circ 2 + \dots + \text{Víctima N}^\circ x}{x} = \frac{4 + 4}{2} = 4$$

$$\text{Datos ocupantes} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pasajeros} + \text{Edad de las víctimas} + \text{Tasa de alcohol}}{3} = \frac{2 + 4 + 1}{3} = 2,33$$

$$\text{Vehículo} = \frac{\text{Accidente} + \text{Exceso V} + \text{Vehículo} + \text{Airbag} + \text{Cinturón o Casco} + \text{Extraordinaria}}{6}$$

$$\text{Vehículo} = \frac{3 + 4 + 4 + 3 + 3 + 6}{6} \Rightarrow 6$$

$$\text{Entorno} = \frac{\text{Localización} + \text{Fecha y hora}}{2} = \frac{2 + 4}{2} = 3$$

$$\text{Índice de gravedad} = [0,45 \cdot (\text{Datos ocupantes}) + 0,35 \cdot (\text{Vehículo}) + 0,2 \cdot (\text{Entorno})]$$

$$\text{Índice de gravedad} = [(0,45 \cdot 2,33) + (0,35 \cdot 6) + (0,2 \cdot 3)] \Rightarrow 6$$

Según el índice de gravedad calculado para este caso, se trata de un accidente “máximo” y esto se debe a que se ha provocado un incendio y es considerado una situación excepcional. En el parte del accidente, existen heridos hospitalizados, por lo que podemos decir que el resultado calculado se corresponde con los datos del accidente.

4.8 TRATAMIENTO AUTOMÁTICO DE ACCIDENTES

Como ya vimos en el apartado segundo de la base teórica cuando estudiamos los servicios de emergencias en el futuro, el método de notificación de accidentes cambiará con la introducción de las redes vehiculares.

Aprovechando todas las posibilidades de comunicación, los sistemas de transporte inteligente pueden mejorar la actuación de los servicios de emergencias reduciendo el tiempo de rescate.

La información recopilada del accidente, englobada en un paquete de datos como el de la figura 30, podrá ser entregada a la “Unidad de Control” que automáticamente calculará el índice de gravedad y valorará los recursos necesarios para el rescate antes de avisar a los servicios de emergencias.

La misión principal de la “Unidad de Control”, es gestionar de forma rápida y clara el accidente. Para lograrlo, es imprescindible dotarle de conocimiento, por medio de las bases de datos de anteriores accidentes, y de inteligencia, automatizando ciertas decisiones en momentos puntuales por medio del índice de gravedad calculado.

Así pues, la “Unidad de Control” debe ser nexo de unión tanto de vehículos como de servicios de emergencias, y es la que intercambia la información necesaria con ambos.

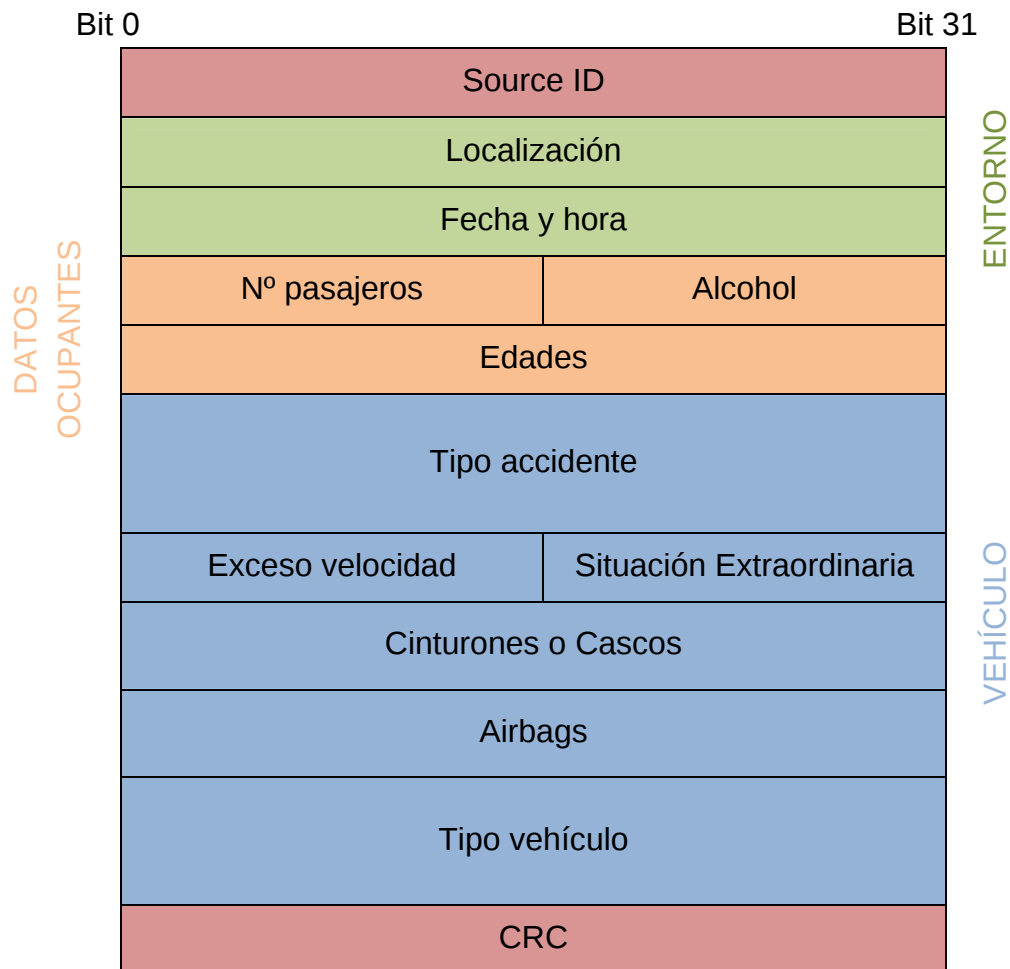


Fig. 30 Paquete de datos esenciales para ser transmitidos

El paquete de datos de la figura 30, incluye toda la información necesaria repartida en 52 bytes de memoria y se explica de la siguiente manera:

- Source ID: Identificación del dispositivo que envía el paquete de datos, en 32bits.
- Localización: Coordenadas de latitud (norte-sur) y longitud (este-oeste), en 32 bits.
- Fecha y hora: formato de fecha (yyyy-mm-dd), formato de hora (24:00), en 32 bits.
- N° pasajeros: valor numérico, en 16bits.
- Alcohol: positivo (g/l) o negativo de todos los pasajeros, en 16 bits.
- Edades: valor numérico para cada ocupante, en 16 bits.

- Tipo de accidente: urbano o carretera y tipo de colisión, salida de vía, etc., en 64 bits.
- Exceso de velocidad: El % de exceso o si no existe, en 16 bits.
- Situación extraordinaria: Incendio o mercancía peligrosa, en 16 bits.
- Cinturones o Cascos: Correcto o incorrecto de todos los ocupantes, en 32 bits.
- Airbags: Si saltan o no (frontales, laterales), en 32 bits.
- Tipo de vehículo: Si es un turismo, motocicleta, autobús, etc., y la marca, modelo y año de fabricación, en 64 bits.
- CRC: Chequeo de redundancia cíclica. Se incluye al final del mensaje y servirá para comprobar que la transmisión ha sido correcta, o retransmitir en caso de error.

5 CONCLUSIONES

Antes de comenzar el proyecto, mis conocimientos en ITS y comunicaciones vehiculares así como conceptos generales sobre el tráfico y los servicios de emergencias, no iban más lejos de los que puedes adquirir leyendo un artículo o noticia de la prensa.

Los conocimientos que he adquirido, me han sido imprescindibles para plantear el estudio realizado. Posteriormente, aplicado a las redes vehiculares, hará que nuestros sistemas de transporte sean inteligentes y más seguros, siendo capaces de predecir y reaccionar ante dichas situaciones de emergencia de forma eficaz.

El estudio de las estadísticas principales de siniestralidad, me proporcionó la base para gestionar qué información del accidente quería tratar a la hora de trabajar en el índice de gravedad.

Con el cálculo del índice de gravedad, apoyado en información del vehículo accidentado y en datos de anteriores accidentes, conseguimos completar la información del siniestro para un posterior tratamiento automático del accidente por medio de las nuevas tecnologías de comunicación, consiguiendo importantes beneficios como son la reducción del tiempo de respuesta de los servicios de emergencias y un uso eficaz de estos medios, que tan limitados y costosos son para la sociedad.

El impacto económico que supone la siniestralidad vial en la sociedad actual, se verá reducido con la aplicación en la red vehicular de estudios como el realizado, aportando en general claros beneficios.

Un aspecto muy importante, es el impacto ambiental que puede provocar la aplicación del estudio realizado. En este caso, la información que mande el sistema puede prever situaciones extraordinarias (incendios, explosiones, etc.) especialmente contaminantes y solucionarlas de forma rápida en la medida de lo posible.

Además, he descubierto que detrás de todos estos sistemas existe un negocio que va al alza, ya que todos los gobiernos lo consideran de vital importancia debido a la necesidad de reducir la siniestralidad vial y mejorar la eficiencia del transporte.

BIBLIOGRAFÍA

- [Abo12] "About Eurostat. European Comission", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/about_eurostat/introduction
- [BasCon04] Stefano Basagni, Marco Conti, Silvia Giordano and Ivan Stojmenovic. *Mobile Ad Hoc Networking*. Wiley-IEEE press, 2004.
- [BerZar05] Cristina Berzal Palacios, Aniceto Zaragoza Ramírez y Elena de la Peña González. *Descripción del Sistema de Llamada de Emergencia (eCALL) y Evidencias Científicas de su Efectividad*. Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA), 2005.
- [BorAlg91] Joaquín Borrell Vives, Pedro Algaba García y Juan B. Martínez Raposo. *Investigación de accidentes de tráfico*. Dirección General de Tráfico, 1991
- [Car12] "CARE. European Road Accident Database", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/care_reports_graphics/care_what_is_it/index_en.htm
- [Cas12] "CASPER. Child Advanced Safety Project for European Roads", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.casper-project.eu/>
- [Dac12] "DaCoTA", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.dacota-project.eu>
- [Eca07] "La llamada automática de emergencia eCALL y las evidencias científicas de su eficacia", en *Evidencias Científicas de la Eficacia de las Tecnologías Colección 2006*, no. 7, Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA), 2007
- [Enh12] "Enhanced Data Rates for GSM Evolution", Enero 2012. [En línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution
- [Est12] "Estructura orgánica. La DGT", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.dgt.es/portal/es/la_dgt/estructura_organica/
- [Eur12] "European Road Safety Observatory. European Databases", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/wcm/road_safety/erso/data/Content/european_databases.htm
- [FogGar11] M. Fogue, P. Garrido, F. J. Martinez, J.-C. Cano, C. T. Calafate, and P. Manzoni. "Prototyping an Automatic Notification Scheme for Traffic Accidents in Vehicular Networks" 4th IFIP Wireless Days Conference, Ontario, Canada, 10-12 October 2011.

- [FogGar12] M. Fogue, P. Garrido, F. J. Martinez, J.-C. Cano, C. T. Calafate, and P. Manzoni. "Using Data Mining and Vehicular Networks to Estimate the Severity of Traffic Accidents" Intl. Symposium on Management Intelligent Systems (IS-MiS), Salamanca, Spain, 11-13 July 2012
- [Ges12] "NASS General Estimates System", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: [http://www.nhtsa.gov/Data/National+Automotive+Sampling+System+\(NASS\)/NASS+General+Estimates+System](http://www.nhtsa.gov/Data/National+Automotive+Sampling+System+(NASS)/NASS+General+Estimates+System)
- [Gsm12] "La Evolución del Sistema GSM", Enero 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.elpais.com/especiales/2001/teleco/estandar.htm>
- [Iee09] "IEEE 1609 - Family of standards for wireless access in vehicular environments (WAVE)", *Intelligent Transportation Systems Standards Fact Sheets*, IEEE, 2009.
- [Ind12] "In-Depth Investigation of Motorcycle Accidents", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.maids-study.eu/>
- [Inv12] "Investigación de accidentes", Febrero 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.dgt.es/was6/portal/contenidos/documentos/formacion_educacion/consejos/investigacion.swf
- [Irf12] "IRF. International Road Federation", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.irfnet.org/about.php>
- [Irt12] "IRTAD. International Traffic Safety Data and Analysis Group", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: <http://internationaltransportforum.org/irtadpublic/about.html>
- [Kor03] Juha Korhonen, "Introduction to 3G mobile communications", in Artech House Mobile Communications Series, 2nd. ed. Artech House Inc., 2003.
- [LuqAlv07] Pablo Luque Rodríguez y Daniel Álvarez Mántaras. *Investigación de accidentes de tráfico. Manual de reconstrucción*. 1st. ed., Netbiblo S.L., 2007
- [MarCan09] F. J. Martinez, J.-C. Cano, C. T. Calafate, P. Manzoni, and J.M. Barrios. "Assessing the feasibility of a VANET" ACM Workshop on Performance Monitoring, Measurement and Evaluation of Heterogeneous Wireless and Wired Networks (PM2HW2N 2009, held with MSWiM), Tenerife, Spain, 26-30 October 2009

- [MarToh10] F.J. Martinez, Chai-Keong Toh, J.C. Cano, C.T. Calafate and P. Manzoni, "Emergency services in future intelligent transportation systems based on vehicular communication networks", *Intelligent Transportation Systems Magazine*, IEEE, vol. 2, Summer 2010.
- [Mil04] Ramón Jesús Millán Tejedor, "HSDPA: llega la 3.5G", *Comunicaciones World*, IDG Communications S.A., no. 191, Julio-Agosto 2004
- [Mob12] "Mobile Radio Telephone", Enero 2012. [En línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/0G>
- [MonAlo00] Luis Montoro González, Francisco Alonso Pla, Cristina Esteban Martínez y Francisco Toledo Castillo. *Manual de Seguridad Vial: El factor humano*. 1st. ed., Ariel S.A., 2000
- [MyrSer10] Lic. Myriam and L. Serulnicof, "*Informe producto N° 2*", *Agencia Nacional de Seguridad Vial - Observatorio de Seguridad Vial - Organización Panamericana de la Salud (OPS)*, Diciembre 2010.
- [Ord93] "Orden de 18 de febrero de 1993, por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación", Febrero 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.dgt.es/was6/portal/contenidos/documentos/normas_legislacion/reglamento_trafico/normativa030.pdf
- [Oro12] "La Hora de Oro, 60 Minutos Vitales tras un Accidente", Febrero 2012. [En línea]. Disponible en: <http://consejosconducir.racc.es/es/-la-hora-de-oro--60-minutos-vitales-tras-un-accidente>
- [Pen12] "PENDANT. Pan-European Coordinated Accident and Injury Database", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.vsi.tugraz.at/pendant/>
- [Rem04] David Remondo, "Tutorial on Wireless Ad-hoc Networks", in *Het-Nets'04: Second International Working Conference in Performance Modelling and Evaluation of Heterogeneous Networks*, 26-28 Julio, 2004.
- [Roa12] "Roadside Infrastructure for Safer European Roads", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/riser_guidelines_for_roadside_infrastructure_on_new_and_existing_roads.pdf
- [Saf12] "SafetyNet. European Road Safety Observatory", Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/wcm/road_safety/erso/safetynet/content/safetynet.htm
- [Sin11] Observatorio Nacional de Seguridad Vial. *Las principales cifras de la Siniestralidad Vial. España 2010*. Dirección General de Tráfico, 2011

- [Sis10] “Sistemas Inteligentes de Transporte. Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo”, en *Trabajos de prospectiva y tecnología del transporte*, Ministerio de Fomento, 2010.
- [Sot09] R. Soto, “Redes vehiculares ad hoc - VANET”, *Boletín CIIAAS*, no. 47, Abril 2009.
- [Tel12] “Telefonía Móvil 4G”, Enero 2012. [En línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_4G
- [Une12] “UNECE. United Nations Economic Commission for Europe”, Marzo 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.unece.org/about-unece.html>
- [Umt12] “UMTS. La 3G de las Comunicaciones Móviles”, Enero 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.cypsela.es/especiales/pdf199/umts.pdf>
- [UzcSuc09] R. Uzcategui, A. De Sucre and G. Acosta-Marum, “Wave: a tutorial – [topics in automotive networking]”, *Communications Magazine*, IEEE, vol. 47, no. 5, Mayo 2009.
- [Veh12] “Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)”, Enero 2012. [En línea]. Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/VANET>
- [Zor04] Pilar Zori Bertolín. *Temario Específico ESTT-OEP 2005*. Tema 90, 2004
- [4g12] “4G”, Enero 2012. [En línea]. Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/4g>