# Manual de reconstrucción de accidentes de tráfico

CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN Y SEGURIDAD VIAL MAPFRE
CESVIMAP, S. A.

CESVIMAP

# ÍNDICE


Páginas

**Prólogo** ..... XIII

**Introducción** ..... XV

**1. El accidente de tráfico. Consideraciones previas** .. 1
1.1. Definición de accidente ..... 1
1.2. Problemática social y judicial. Necesidad de la investigación del accidente de tráfico ..... 2
1.3. Metodología de la reconstrucción de accidentes 6

**2. Elementos que intervienen en un accidente de tráfico** ..... 9
2.1. El medio ..... 10
2.1.1. La vía ..... 10
2.1.1.1. Características geométricas . 10
2.1.1.2. Características constructivas . 18
2.1.2. El entorno ..... 27
2.1.2.1. Identificación del entorno ... 27
2.1.2.2. Descripción del entorno .... 28
2.2. El conductor ..... 40
2.2.1. Datos de identificación ..... 41
2.2.2. Datos descriptivos ..... 41
2.2.3. Fases del accidente ..... 55
2.2.3.1. Fase de percepción ..... 55
2.2.3.2. Fase de decisión ..... 57
2.2.3.3. Fase de conflicto ..... 58
2.3. El vehículo ..... 60
2.3.1. Identificación del vehículo ..... 60
2.3.1.1. Modos de clasificación de los vehículos ..... 60
2.3.1.2. Vehículos pesados ..... 63
2.3.2. Descripción de los elementos del vehículo ..... 66

**3. Clasificación de los accidentes** ..... 73
3.1. Por su localización ..... 73
3.2. Por sus resultados ..... 74
3.3. Por el número de vehículos implicados ..... 75
3.4. Por la forma en que se producen ..... 76

Páginas

**4. Elementos de especial interés para la reconstrucción de accidentes de tráfico** ..... 83
4.1. Huellas y vestigios ..... 83
4.1.1. Huellas de neumáticos ..... 83
4.1.2. Huellas de materiales duros ..... 89
4.1.3. Huellas biológicas ..... 90
4.1.4. Otras huellas y restos ..... 92
4.2. Inspección de lámparas ..... 95
4.2.1. Funcionamiento de una bombilla ..... 96
4.2.1.1. Propiedades del tungsteno .. 96
4.2.1.2. Proceso de incandescencia del tungsteno ..... 97
4.2.2. Envejecimiento de las lámparas ..... 97
4.2.3. Proceso de oxidación del filamento .... 98
4.2.4. Inspección de las bombillas para determinar si estaban encendidas o apagadas .. 98
4.2.4.1. Bombilla con el cristal sin romper ..... 98
4.2.4.2. Bombilla con el cristal roto .. 100
4.2.5. Inspección de las bombillas para determinar la dirección del impacto ..... 101
4.3. Ruedas ..... 101
4.3.1. La rueda ..... 101
4.3.1.1. La llanta ..... 101
4.3.1.2. La cubierta ..... 104
4.3.2. Equivalencia de los neumáticos ..... 111
4.4. Sistemas de seguridad pasiva ..... 112
4.4.1. Pretensores y airbags frontales. Principios de activación ..... 113
4.4.2. Airbags laterales y de cortina ..... 117
4.4.3. Análisis de la mecánica del accidente . 118
4.4.3.1. Desplazamiento que sufre el vehículo durante el accidente 119
4.4.3.2. Análisis de la intensidad de los daños estructurales del vehículo ..... 119
4.5. Tacógrafos ..... 121
4.5.1. Utilización del tacógrafo ..... 121
4.5.2. Elementos de un tacógrafo ..... 123
4.5.3. Grupos de tiempo ..... 124
4.5.4. Inscripciones en el disco tacógrafo .... 125
4.5.5. Utilidad del tacógrafo en la reconstrucción de accidentes de tráfico ..... 128
4.5.6. El tacógrafo digital ..... 131
4.5.6.1. Almacenamiento de datos en el tacógrafo digital ..... 131

Páginas

**5. Toma de datos** ..... 135
5.1. Estructuración de los datos ..... 136
5.1.1. Datos referentes a la vía ..... 137
5.1.2. Datos referentes al entorno ..... 138
5.1.3. Datos referentes al vehículo ..... 139
5.1.4. Datos referentes a las personas ..... 140
5.1.5. Datos referentes a huellas, vestigios y posiciones finales ..... 141
5.2. Metodología de la toma de datos ..... 141
5.3. Mediciones ..... 143
5.4. Ayudas complementarias en la toma de datos . 150
5.4.1. Dibujos, croquis y planos ..... 151
5.4.2. Fotografía ..... 153
5.4.3. Vídeo ..... 158
5.4.4. Publicaciones especializadas ..... 160

**6. Fundamentos físicos y su aplicación a la reconstrucción de accidentes de tráfico** ..... 161
6.1. Fundamentos físicos ..... 161
6.1.1. Magnitudes físicas ..... 161
6.1.2. Magnitudes escalares y vectoriales ... 162
6.1.3. Descomposición de las componentes de un vector ..... 162
6.1.4. Conceptos de masa y peso ..... 162
6.1.5. Conceptos de velocidad y aceleración . 163
6.1.6. Movimiento rectilíneo uniforme ..... 163
6.1.7. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado ..... 164
6.1.8. Movimiento curvilíneo ..... 164
6.1.9. Principios fundamentales de la dinámica 165
6.1.10. Fuerza de rozamiento ..... 166
6.1.11. Fuerza centrífuga ..... 167
6.1.12. Cantidad de movimiento o momento lineal. Impulso mecánico ..... 168
6.1.13. Principio de conservación de la cantidad de movimiento ..... 169
6.1.14. Conceptos de energía y trabajo ..... 169
6.1.15. Principio de conservación de la energía 170
6.1.16. Energía de deformación: choques elásticos e inelásticos ..... 170
6.2. Aplicación de los fundamentos físicos ..... 172
6.2.1. Cálculo de la energía cinética ..... 172
6.2.2. Cálculo de la energía de rozamiento .. 173
6.2.3. Cálculo de la velocidad en las curvas (peraltes) ..... 175
6.2.4. Vuelco de vehículos ..... 178

Páginas

6.2.5. Velocidad de un vehículo al caer por un precipicio en función de su posición final 179
6.2.6. Energía disipada en el vuelco de un vehículo . . . . . 180
6.3. Fuerzas y movimientos de los vehículos durante el accidente . . . . . 181
6.3.1. Fuerzas que aparecen durante la colisión . . . . . 181
6.3.2. Movimientos de los vehículos durante el accidente . . . . . 182

**7. Investigación de incendios en vehículos** . . . . . 187
7.1. El fuego . . . . . 187
7.2. El combustible . . . . . 189
7.3. El calor . . . . . 191
7.3.1. Reacción química automantenida . . . . . 191
7.3.2. Transmisión de calor . . . . . 192
7.4. Incendios en vehículos . . . . . 194
7.4.1. Naturaleza de los incendios de los vehículos a motor . . . . . 196
7.4.2. Combustibles . . . . . 197
7.4.3. Fuentes de calor en los vehículos . . . . . 201
7.4.3.1. Llama directa . . . . . 201
7.4.3.2. Fricción . . . . . 201
7.4.3.3. Chispas . . . . . 202
7.4.3.4. Superficies calientes . . . . . 202
7.4.3.5. Fuentes eléctricas . . . . . 203
7.4.3.6. Otras fuentes de calor . . . . . 205
7.5. Investigación de incendios en vehículos . . . . . 207
7.5.1. Toma de datos del vehículo incendiado 207
7.5.2. Lugar del incendio . . . . . 210
7.5.3. Exterior del vehículo . . . . . 212
7.5.4. Interior del vehículo . . . . . 216
7.5.5. Zona de carga . . . . . 216
7.5.6. Sistema eléctrico del vehículo . . . . . 217
7.5.7. Elementos mecánicos . . . . . 221
7.6. Incendios producidos por la participación humana 228
7.6.1. Negligencias . . . . . 228
7.6.2. Incendios intencionados . . . . . 231
7.7. Incendios producidos tras un accidente . . . . . 233
7.8. Ejemplo de investigación del incendio en un vehículo . . . . . 234

**8. Atropellos** . . . . . 243
8.1. Estudio del atropello . . . . . 243
8.2. Estudios estadísticos sobre atropellos . . . . . 247

Páginas

8.3. Denominación de los atropellos ..... 248
8.4. Técnicas de cálculo de atropellos ..... 254
8.4.1. Método del tiro parabólico ..... 255
8.4.2. Método Appel-Searle ..... 256
8.5. Velocidad de avance del peatón ..... 258
8.6. Ejemplos ..... 260

**9. Cálculo de energías de deformación de un vehículo** 263
9.1. Método de McHenry ..... 263
9.2. Toma de medidas en la zona deformada ..... 265
9.3. Normas útiles en la toma de datos ..... 266
9.4. Valores de los coeficientes A y B ..... 268
9.5. Cálculo de la velocidad equivalente de barrera (EBS) ..... 269
9.6. Proceso de medición en un vehículo ..... 269
9.7. Ejemplo de cálculo de energías de deformación 272

**10. Elaboración del informe técnico** ..... 275
10.1. Estructura del informe ..... 275
10.2. Informes. Ejemplos prácticos ..... 277
10.2.1. Colisión entre dos turismos ..... 277
10.2.2. Colisión entre turismo y tractor ..... 292
10.2.3. Colisión entre turismo y motocicleta .. 296

**11. Defensa del informe técnico ante el juzgado** ..... 307
11.1. Importancia jurídica del informe pericial ..... 307
11.2. El perito ante el juzgado ..... 308
11.2.1. La forma del dictamen pericial ..... 308
11.2.2. El perito como testigo ..... 309
11.2.3. La presencia de los peritos ..... 310
11.2.4. Conclusión ..... 312

**Legislación y bibliografía** ..... 313

**Agradecimientos** ..... 315

# PRÓLOGO

Presentar el último libro escrito y editado por CESVIMAP me llena de satisfacción. Para todos los que trabajamos en MAPFRE, CESVIMAP ha sido un ejemplo, año tras año, de buen hacer, realizando continuamente aportaciones valiosas al mundo del automóvil. Desde sus inicios —en aquellas sencillas pero recordadas primeras instalaciones, tan cercanas en el espacio, pero lejanas en los medios, a las actuales— este Centro ha podido formar a cientos de profesionales del automóvil, analizar la inmensa mayoría de los vehículos que circulan por nuestro país, contribuyendo en muchos casos a mejorar su seguridad y condiciones de reparación, y editar un amplio fondo documental relacionado con el automóvil, hoy día imprescindible para compañías de seguros, peritos de automóviles y talleres de reparación.

CESVIMAP pone en nuestras manos un nuevo trabajo que recopila toda su dilatada experiencia en las tareas de formación e investigación en la reconstrucción de accidentes de tráfico. Sin duda, este libro se convertirá en una herramienta de referencia para aquellos que quieran conocer todos los aspectos relacionados con esta materia.

La seguridad vial hoy no es una moda, es una necesidad. Desde los poderes públicos se están promoviendo iniciativas que puedan concienciar a los ciudadanos de que es posible reducir el número de víctimas. Las administraciones públicas tienen la obligación de hacer todo lo que esté en sus manos para proteger a los ciudadanos de los riesgos inherentes al fenómeno del tráfico. Pero desde la sociedad civil, las empresas también tenemos el deber de colaborar en esta lucha por la vida. Así lo hemos entendido en MAPFRE y desde hace muchos años, tanto el Instituto Mapfre de Seguridad Vial como CESVIMAP vienen colaborando en estas tareas. Por su naturaleza, CESVIMAP enfoca su aporte a la seguridad vial desde el análisis de la máquina, el vehículo y lo que rodea al accidente. Es otra forma de ayudar a prevenir. En este caso, sus investigaciones, sin duda alguna, ayudan a conocer más sobre las causas de los accidentes y aportan información relevante acerca de la influencia del factor humano, de la vía, de las condiciones climáticas, del estado de los vehículos, del funcionamiento de los elementos de seguridad, etc., y su ponderación a la hora de contribuir a la ocurrencia de los mismos.

Pero además, CESVIMAP, en el cumplimiento de sus objetivos de responsabilidad social, pone toda esta información, con este

libro, en manos de todos los interesados: abogados, jueces, peritos, investigadores, autoridades, policías de tráfico, etc. Una completa obra divulgativa que recopila todos los aspectos técnicos y profundiza en el aporte que, desde la física, se puede dar para encontrar las verdaderas razones de cada accidente. Nada ocurre por azar y detrás de cada accidente hay uno o varios elementos explicables que desembocan en un momento fatídico, produciendo daños materiales y, lamentablemente en muchos casos, personales. Conocer estos elementos y aplicar los pasos y herramientas investigativas que CESVIMAP recopila en esta publicación, facilita la tarea y proporciona el conocimiento suficiente para desentrañar el cómo y el porqué de la mayor parte de los accidentes. Además, incluye interesantes ejemplos que ayudan fácilmente a la comprensión de los ejercicios, añadiendo asimismo elementos prácticos como las guías de toma de datos o la información sobre un *software*, RECONSTRUCTOR, diseñado también por CESVIMAP, que ayuda a realizar todos los pasos y cálculos necesarios para la reconstrucción de un accidente.

Desde MAPFRE confiamos en que la edición de esta obra sea de utilidad para todos los que decidan incorporarla a su quehacer profesional, a los que por cualquier otra razón se adentren en sus páginas, y, finalmente, deseamos que sea una aportación en la reducción de la tragedia diaria que suponen los accidentes de tráfico.

**Antonio Huertas Mejías**
*Director General de MAPFRE MUTUALIDAD*

# INTRODUCCIÓN

Si pudiéramos retroceder en el tiempo y ver las primeras experiencias que se realizan en torno a lo que posteriormente sería el automóvil, probablemente observaríamos a un grupo de hombres entusiasmados trabajando sobre su idea de unir unas ruedas, un chasis y un motor de explosión, creando así una máquina que sirviese para el traslado de personas y mercancías.

Poco imaginarían «aquellos locos con sus viejos cacharros» que ese inusitado invento se ha convertido hoy día en algo tan habitual que ha pasado a ser un artículo de primera necesidad, o que el mundo del automóvil es uno de los pilares de la economía mundial, debido a todas las actividades que se generan en torno a él: producción, desarrollo, ventas y postventa, recambios, talleres de reparación, creación de infraestructuras, etc.

Ahora bien, cuando se inventó el automóvil, también se forjaron una serie de conceptos ligados a él: transporte por carretera, circulación, tráfico, etc., actividades desarrolladas por el hombre y sometidas a una serie de reglas que las ordenan. La legislación relacionada con la circulación, con sus leyes, decretos y disposiciones, elaborada por la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior, regula la circulación de vehículos en el territorio nacional, con objeto de que sus conductores circulen atendiendo a unas normas que tratan de evitar el hecho más luctuoso dentro del tráfico: el accidente.

CESVIMAP quiere contribuir a prevenir estos terribles sucesos a través de una de sus líneas de actividad más importantes: la investigación de las causas y circunstancias que tienen lugar para que se ocasione un accidente de tráfico, que ahora muestra en este libro. El **Manual de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico** recoge la experiencia técnica y formativa, los conocimientos y la documentación sobre la reconstrucción de accidentes de tráfico acumulada por CESVIMAP desde 1986.

Esta obra responde a la demanda de un libro de consulta en este ámbito, por parte de numerosas personas que han pasado por nuestro Centro, en calidad de alumnos o colaboradores.

**Juan Carlos Iribarren Vera**
*Jefe del Departamento de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico de CESVIMAP*

# 1 El accidente de tráfico. Consideraciones previas

El diccionario de la Real Academia Española define el accidente como el «suceso eventual o acción que altera el orden de las cosas y que, involuntariamente, origina daños en las personas u objetos».

## 1.1. Definición de accidente

La orden de 18 de febrero de 1993 de Presidencia de Gobierno establece:

### Accidentes de circulación

Reúnen las circunstancias siguientes:

— Producirse, o tener su origen, en una de la vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial.

— Resultar a consecuencia de los mismos:

a) Una o varias personas muertas o heridas.

b) Sólo daños materiales.

— Estar implicado al menos un vehículo en movimiento.

### Vehículo implicado

Un vehículo está implicado en un accidente de circulación cuando concurren una o varias de estas circunstancias:

— Entrar el vehículo en colisión con:

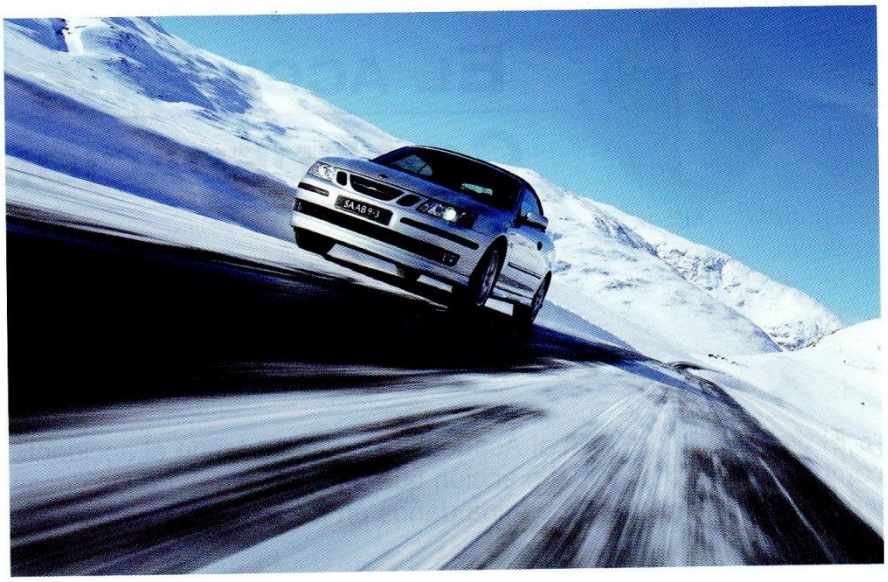
a) Otro u otros vehículos, en movimiento, parados o estacionados.

b) Peatones.

c) Animales.

d) Otro obstáculo.

— 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.



Conducción en condiciones adversas.

— 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.

**Excepciones**

— 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 anterior.

## 1.2. Problemática social y judicial. Necesidad de la investigación del accidente de tráfico

Una vez definido el accidente de tráfico, es obvio deducir que ocasiona una serie de perjuicios a la sociedad, desde la situación peligrosa que origina para el resto de usuarios de la vía, por el hecho de entorpecer la circulación, hasta la problemática que supone el elevado índice de muertos o heridos para la sociedad, sin entrar en los evidentes y dolorosos matices sentimentales y afectivos.

Todo perjuicio de este tipo es algo que la sociedad ha de evitar en la medida de lo posible, motivo por el que surge la investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico, con el objeto de analizar y determinar las causas que los provocan. Estos estudios intentan paliar la lacra que suponen los cuantiosos daños materiales y personales que se originan.

La Justicia es la encargada de atribuir responsabilidades y de fijar la cuantía de las indemnizaciones. De ahí la importancia que tiene la reconstrucción de los accidentes, puesto que sólo partiendo de una correcta interpretación de los hechos podrán determinarse responsabilidades con mayor precisión.

La mayoría de los accidentes de tráfico en los que existen daños personales o materiales de cierta envergadura se resuelven judicialmente. Para llegar a determinar las causas que los motivaron y asignar responsabilidades, es preciso recoger e interpretar todos los factores que intervinieron.

Vehículo siniestrado.

El primer y más importante estudio de recopilación de datos sobre el terreno es el atestado, elaborado por la Guardia Civil, Policía Local o Autonómica. Los datos, recogidos de forma objetiva e inmediata, servirán de base para la elaboración del posterior informe de reconstrucción del accidente. El atestado recoge información relativa a las personas implicadas, a los vehículos intervinientes y sus daños y a las características geométricas de la carretera.

Además, refleja mediciones de huellas de frenada y de derrape, así como las posiciones finales de vehículos y personas, aspectos imprescindibles para realizar cálculos físicos y matemáticos.

Para la investigación de un siniestro, el perito parte del análisis del atestado e informe técnico elaborado por la fuerza pública actuante en el accidente. Sobre la base de los datos reflejados en el atestado, realiza algunos cálculos generales y extrae unas primeras conclusiones. Esto permite elaborar un preinforme de reconstrucción con las primeras observaciones relativas a la forma en que pu-

do producirse el siniestro, valorando la necesidad de continuar o no con el estudio.

La labor del perito reconstructor se inicia con la recogida de datos: fotografías de los vehículos, peritación de sus daños y, en ocasiones, es necesaria una medición de la deformación de su carrocería. Con respecto al lugar del accidente, es muy recomendable visitarlo y medir algunos aspectos concretos del trazado, como el radio de las curvas o la pendiente de la rasante de la carretera.

Existen una serie de requisitos fundamentales para la investigación del accidente, sin los que resulta imposible elaborar un estudio de reconstrucción riguroso:

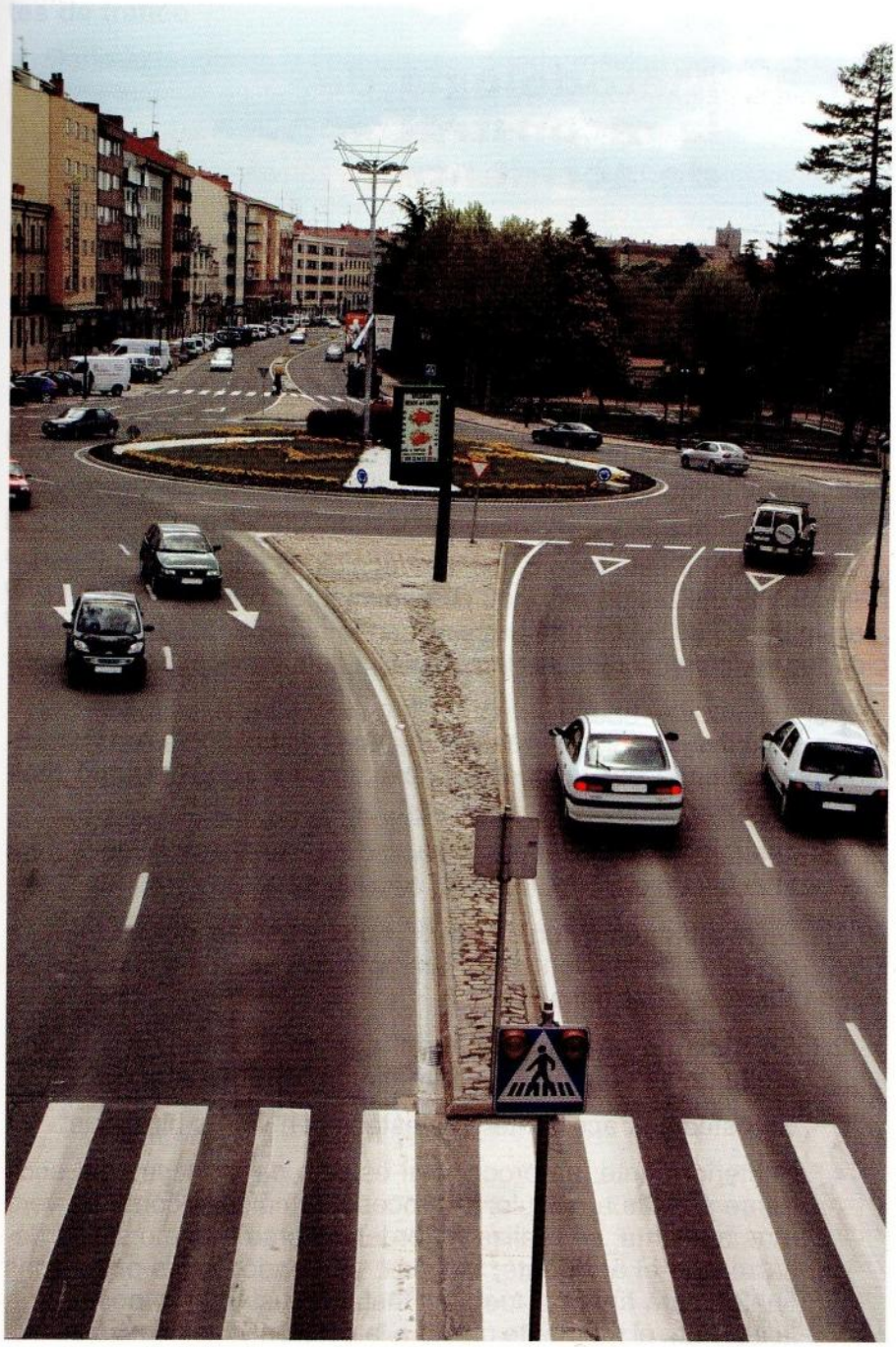
- Características geométricas de la vía: curva, recta, pendiente, radio de la curva, etc.
- Tipología y estado del pavimento de la vía: hormigón o mezcla asfáltica, seco o mojado, nuevo o bacheado.
- Establecimiento del punto de colisión y medición de posiciones finales de vehículos y personas implicadas.
- Huellas y vestigios dejados por los vehículos antes, durante y después del impacto.
- Estado de los neumáticos y profundidad del dibujo.
- Lectura del disco tacógrafo.

Peralte de una curva.

Una vez recogida toda la información y con pleno conocimiento de las características técnicas, tanto de los vehículos (potencia, aceleración, pesos y dimensiones, etc.), como de la vía, se realiza una valoración global de todas las circunstancias que intervienen en el accidente, estableciendo las posibles hipótesis de ocurrencia. Las hipótesis se sustentan objetivamente en cálculos físicos y matemáticos contrastados, que permiten obtener, entre otros datos, velocidades de circulación de los vehículos, trayectorias anteriores al impacto y la secuencia espacio-temporal de movimiento de los móviles hasta la colisión.

Con las conclusiones obtenidas después de un laborioso trabajo de investigación, documentación y análisis, el técnico en reconstrucción elabora un informe que debe responder a criterios de objetividad, rigor científico y claridad en la exposición, de tal forma que se pueda entender por personas no familiarizadas con la materia.

Todas las hipótesis planteadas, justificadas con cálculos matemáticos, e ilustradas con fotografías de los vehículos y de la vía, se incluyen en el informe, que puede venir acompañado de referencias bibliográficas e investigaciones llevadas a cabo por entidades relacionadas con la seguridad vial.



El informe debe incluir fotografías de la vía donde se produjo el accidente.

Este informe resulta muy útil para resolver siniestros por parte de las aseguradoras y es un medio documental habitualmente utilizado en las resoluciones judiciales.

Su objetivo final es servir de base para resolver un accidente y poder asignar responsabilidades. El perito, por tanto, ha de actuar con gran profesionalidad, dado que en él se deposita la confianza de demostrar qué circunstancias o hipótesis de ocurrencia serían físicamente posibles y cuáles serían imposibles. De hecho, si el litigio llega a los tribunales, el técnico reconstructor asiste y expone su trabajo en el acto del juicio, dándose la consideración de prueba judicial a su informe.

## 1.3. Metodología de la reconstrucción de accidentes

La reconstrucción técnica de un accidente de tráfico es el resultado de una investigación sobre las circunstancias que concurrieron en el mismo, cuyo informe puede ser utilizado como medio de prueba.

Cuando se produce el accidente, la Policía o Guardia Civil efectúan una toma de datos encaminada a confeccionar el atestado. Esta toma de datos se realiza teniendo en cuenta a los vehículos y conductores implicados, así como al medio (carretera, circunstancias ambientales...).

Para efectuar esta reconstrucción técnica se partirá del atestado; mediante la utilización de unos procedimientos objetivos de física y matemáticas, se podrán determinar con total imparcialidad las velocidades de los vehículos, trayectorias y la secuencia espacio/temporal.

En definitiva, cuando se realiza un informe técnico de reconstrucción, se pretende dar respuesta a la pregunta: «¿qué ocurrió realmente y cómo?».

La metodología seguida para confeccionar un informe técnico de reconstrucción se describe en esta secuencia:

1.º Se recaban datos objetivos, como el atestado, que incluirá fotografías de los vehículos. Siempre que sea necesario, se visitará el lugar del accidente.

2.º Se hace un análisis global del atestado, con el fin de comprobar si se observa algo que pueda llamar la atención.

3.º Se estudia el accidente y se establecen varias hipótesis.

4.º Posteriormente, se procede al estudio de las fases del accidente sujetas a cálculo. El proceso de cálculo, como se verá más adelante, se realiza en orden inverso a como se ha desarrollado el accidente; es decir, partiendo de las posiciones finales para analizar luego el instante justamente posterior a la colisión, el momento previo a la colisión y las huellas de frenada previas al impacto, cuando existan.

5.º Se efectúan los cálculos de velocidad, trayectoria y la secuencia espacio/tiempo.

6.º Se comprueban los resultados obtenidos junto a las hipótesis planteadas, con el objetivo de desestimar algunas en beneficio de otras.

7.º Se confecciona el informe técnico. Un capítulo de este libro se centra en la definición de los criterios para realizar el informe.

8.º Finalmente, se ratifica y se defiende el informe en el juzgado.

### Uso de la herramienta de la reconstrucción técnica de accidentes de tráfico

Dado lo laborioso y costoso que puede resultar confeccionar un informe técnico de reconstrucción de accidentes, esta herramienta se utilizará en los siguientes casos:

— Cuando los costes previstos tanto en daños materiales como personales sean elevados.

— Cuando las declaraciones de los implicados sean contradictorias.

— Cuando exista contradicción con la determinación de la causa del accidente, según el atestado.

### Fundamentos físicos que se utilizan más frecuentemente

Los principales conocimientos que se manejan tienen que ver con la cinemática, la dinámica, las energías de rozamiento y de deformación, los principios de conservación de la energía y de la cantidad de movimiento y la resistencia de materiales. En el apartado de fundamentos físicos, se describirá con detalle su empleo.

Una vez realizado el informe, los resultados dependerán de:

— Objetividad del informe. El informe puede ser analizado por cualquier técnico, siempre que las fórmulas empleadas, los cálculos y los criterios utilizados sean correctos.

— Preparación con el abogado. De llevarse a juicio, el resultado dependerá de su preparación. Es conveniente planear con el abogado la estrategia y la forma de exponer nuestra teoría.

— Correcta exposición ante el juez. La exposición del perito debe ser clara, firme, precisa y breve.

# 2 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN UN ACCIDENTE DE TRÁFICO

Tres son los elementos que van a interaccionar en un accidente de tráfico: el medio, el vehículo y el hombre. Para descifrar su secuencia habrá que conocer los factores que confluyen en él.

El técnico en la reconstrucción de accidentes ha de observar correcta y objetivamente los hechos, con el fin de llegar a conclusiones racionales y determinantes del porqué y del cómo ocurrió el suceso. Para ello, debe conocer los aspectos identificativos y descriptivos del medio (vía y entorno), del vehículo y del factor humano. Todos ellos, interpretados con objetividad, permitirán establecer cómo se desarrolló el accidente.

Siniestro de un vehículo de pasajeros.

## 2.1. El medio

Se entiende como factor «medio» al conjunto de circunstancias relacionadas tanto con las características físicas del lugar donde se produce el accidente como con los aspectos ambientales.

Así pues, dentro del factor medio figurarán elementos como la vía y sus características, el entorno físico (que puede limitar aspectos como la visibilidad, por ejemplo) y las condiciones climatológicas.

### 2.1.1. La vía

En sentido genérico, la vía puede definirse como la porción de terreno por la que circulan vehículos y/o transitan peatones y animales. En la vía se pueden valorar los siguientes datos:

- **Datos identificativos**
  - — Según su situación.
  - — Según su itinerario.
- **Datos descriptivos**
  - — Según sus características geométricas.
  - — Según sus características constructivas.

A continuación, se presentan los diferentes tipos de vía, atendiendo, a su situación geográfica en el espacio.

| Atendiendo a su situación geográfica | | |
|---|---|---|
| **Vía interurbana** | Situada fuera de edificaciones o del casco urbano | Punto kilométrico, término municipal |
| **Travesía** | Vía interurbana que discurre por zona urbana | Localidad |
| **Vía urbana** | Situada dentro del casco urbano | Calle, plaza, avenida, glorieta |

También, podrá clasificarse según su itinerario: autopista, carretera nacional, carretera autonómica, etc.

Para identificar el tipo de vía donde ocurrió el accidente hay que describir sus características geométricas (trazado y diseño) y constructivas (firme y señalización).

#### 2.1.1.1. Características geométricas

Estas características describen las dimensiones de la vía; las medidas pueden referirse a una sección longitudinal o transversal. Se dividirán en trazado y diseño. En el primer punto, se contempla la

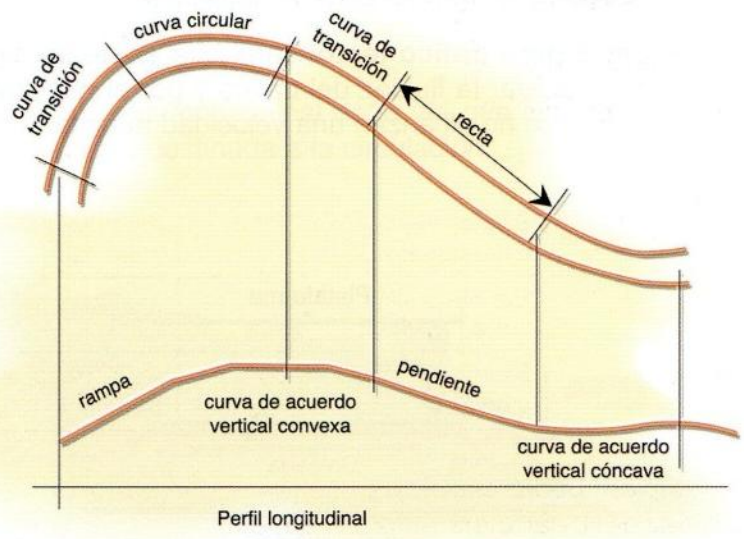
definición de cada una de las partes de la vía. En el apartado «diseño», aquellas características que definen la vía de forma más amplia: velocidad de proyecto, radio medio de curvaturas, peraltes normales, medidas de medianas, etc., tratando de establecer valores medios de estos parámetros, según el tipo de vía.

| | |
|---|---|
| **Características geométricas** | **Trazado**<br>— Sección longitudinal<br>— Sección transversal |
| | **Diseño**<br>— Velocidad de proyecto<br>— Peralte<br>— Anchura de carriles<br>— Berma<br>— Etc. |

### a) Trazado

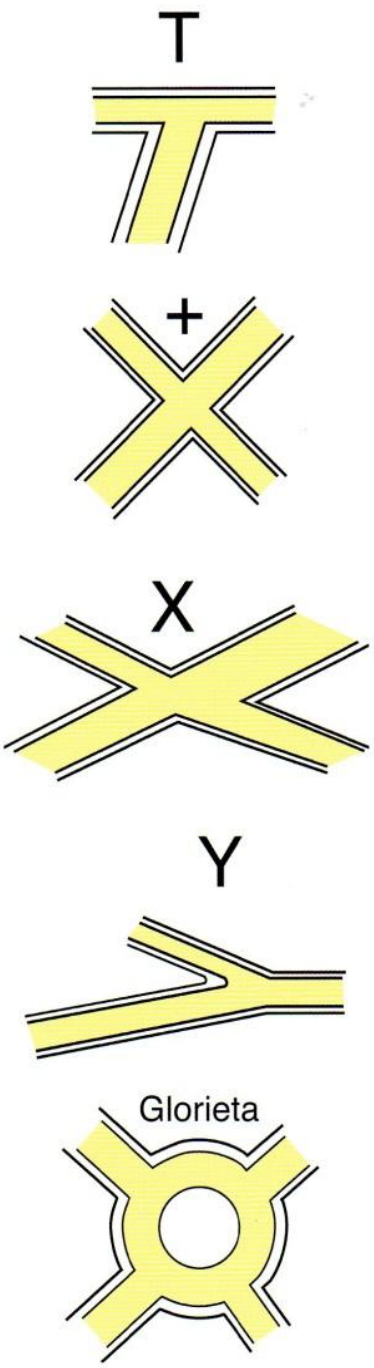
El trazado es el recorrido que sigue la carretera, interpretado geométricamente.

En la sección longitudinal de su trazado, según sus características geométricas, se pueden diferenciar las siguientes partes:




Trazado en planta.

- **Recta:** tramo de la vía que no cambia de dirección.
- **Curva:** tramo de la vía en el que cambia la dirección.
- **Curva de visibilidad reducida:** curva en la que no se percibe el ancho total de la calzada ni a los vehículos que circulan en sentido contrario.
- **Rasante:** inclinación de un tramo de vía sobre la horizontal.

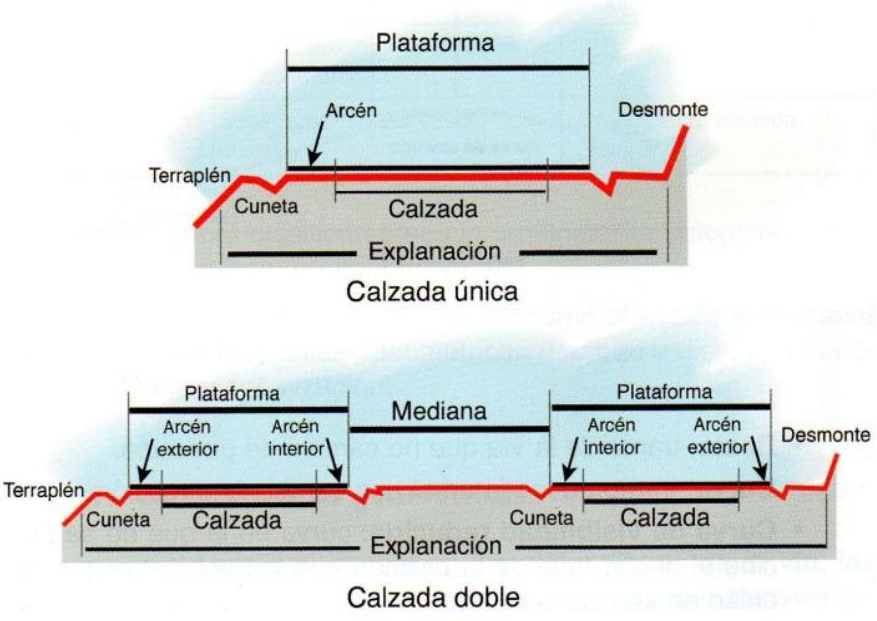



Clases de bifurcaciones.

- **Cambio de rasante:** lugar de la vía donde se encuentran dos tramos de diferente inclinación.
- **Resalto:** cambio brusco de la horizontal con concavidad hacia arriba.
- **Badén:** cambio brusco de la horizontal con concavidad hacia abajo.
- **Áreas de servicio:** zonas colindantes a las vías que albergan instalaciones y servicios destinados a las necesidades de la circulación.
- **Cruces, bifurcaciones:** lugares donde se facilita y permite la subsistencia de distintas direcciones. Existen diferentes tipos (en forma de T, en X, en Y, tipo glorieta, etc.).

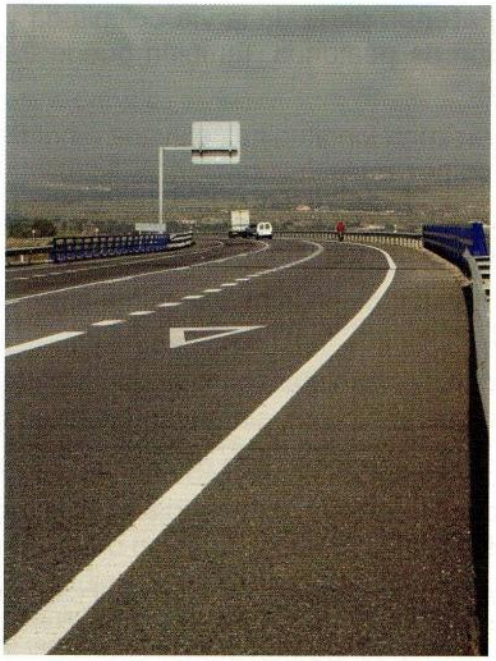
En la sección transversal, se distinguen las siguientes partes fundamentales:

- **Plataforma:** zona de la vía dedicada al uso de vehículos, formada por la calzada y los arcenes.
- **Calzada:** parte de la vía destinada a la circulación. Puede estar dividida en varios carriles.
- **Carril:** zona de la calzada que, delimitada o no por bandas longitudinales, posee una anchura que permite la circulación de vehículos que no sean motocicletas.
- **Carril para tráfico lento:** carril que existe en algunas vías para facilitar la fluidez del tráfico y por el que circulan vehículos que no alcanzan una velocidad mínima.




Características geométricas de la vía. Sección transversal.

- **Carril de entrada:** carril utilizado por los vehículos que pretenden incorporarse a otra vía de mayor velocidad.



Carril de entrada o de aceleración.

- **Carril de salida:** carril que utilizan los vehículos que abandonan una vía para evitar que otros vehículos tengan que reducir la velocidad.
- **Mediana:** zona longitudinal de la vía que separa las calzadas y no está destinada a la circulación.

Mediana.

- **Arcén:** franja longitudinal afirmada, contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos automóviles, excepto en circunstancias excepcionales.

- **Arista exterior de la calzada:** borde exterior de la calzada; si existen varias calzadas, es el borde derecho de la calzada externa.
- **Zona peatonal:** parte de la vía delimitada y reservada a la circulación de peatones. También puede tratarse de pasos elevados.
  - — **Acera:** zona longitudinal, elevada o no, destinada al tránsito de peatones.
  - — **Refugio:** zona peatonal situada dentro de la calzada y protegida del tránsito rodado.
- **Paso a nivel:** cruce a la misma altura entre vía y línea de ferrocarril.
- **Apartadero:** ensanchamiento de la calzada destinado a la detención de vehículos, sin que intercepten la circulación.
- **Parada:** lugar destinado a la detención regular de vehículos.
- **Estacionamiento:** lugar destinado al estacionamiento de vehículos.
- **Isleta:** zona de la calzada que delimita y canaliza la circulación.

A continuación, se recoge un resumen de las características de la vía en cuanto a su trazado.

| CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA ATENDIENDO A SU TRAZADO | |
|---|---|
| **Sección longitudinal** | **Sección transversal** |
| — Recta<br>— Curva<br>— Rasante<br>— Resalto<br>— Badén<br>— Área de servicio<br>— Cruce | — Plataforma<br>— Calzada<br>— Carril<br>— Arcén<br>— Mediana<br>— Zona peatonal<br>— Paso a nivel<br>— Apartadero<br>— Parada<br>— Isleta<br>— Estacionamiento |

### b) Diseño

Gran parte de las vías existentes en nuestro país están construidas sobre otras más antiguas, algunas de ellas procedentes de las calzadas romanas. El paso del tiempo ha hecho que fueran modificándose para soportar un mayor número de vehículos, sin tener en cuenta factores de seguridad que, lógicamente, han de contemplarse en el diseño de cualquier vía moderna.

Dado que este defecto de diseño puede ser origen del accidente, se contemplan a continuación una serie de definiciones y de términos que debe manejar el técnico en la reconstrucción de accidentes.

| CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA ATENDIENDO A SU DISEÑO |
|---|
| — Velocidad de proyecto |
| — Distancia de visibilidad de parada |
| — Despeje |
| — Pérdida de trazado |
| — Rasante |
| — Radio de curvatura. Curva de transición |
| — Peralte en curvas |
| — Plataforma |
| — Mediana |
| — Berma |
| — Nivel de servicio |

- **Velocidad de proyecto**

Este concepto define las características mínimas de construcción de los elementos que componen la vía y posee gran importancia en los diseños de autopistas, vías rápidas, etc. Está muy relacionado con otros elementos geométricos, tales como peraltes, radios de curvatura, rasantes admisibles, zonas de separación entre calzadas, etc., y no posee ninguna relación con la velocidad autorizada por la administración.

Por lo que se refiere a autopistas, se podrían distinguir cuatro tipos de tramos (A140, A120, A100 y A80); cada uno de ellos representaría una velocidad de proyecto (140, 120, 100 y 80 km/h, respectivamente). Los tramos A100 y A80 representarían autopistas cercanas o de acceso a zonas urbanas, de gran intensidad de vehículos, con importantes elementos de seguridad. Precisamente por estos parámetros de seguridad, no se deben confundir vías en las que la administración permite la circulación a 80, 100 ó 120 km/h con los tramos de autopista A80, A100 ó A120 (de mucha mayor seguridad).

- **Distancia de visibilidad de parada**

Es la distancia entre un obstáculo situado en la calzada y un vehículo en movimiento, desde que el conductor lo divisa hasta que llega a él, sin que desaparezca de su vista.

La altura del obstáculo y de los ojos de la persona que conduce se fijan en 0,20 y 1,20 metros, respectivamente. Esta distancia se mide en un plano horizontal (planta) a lo largo de una línea paralela al eje de la carretera y trazado a 1,50 metros del borde derecho del carril de circulación.

- **Despeje**

Es la distancia de separación entre el borde de la calzada y un obstáculo situado fuera de ella. Esta distancia lateral debe ser tal que no influya en la distancia de visibilidad de parada (señales u árboles que impidan la visión al tomar una curva, por ejemplo).

- **Pérdida de trazado**

Es la discontinuidad del trazado por la pérdida de visión de éste en la lejanía. La calzada debe aparecer de forma continua, sin brusquedad. Las distancias aconsejables para admitir la reaparición del trazado son las siguientes:

| Velocidad de proyecto | Distancia de reaparición del trazado |
|---|---|
| 140 | 1.000 m |
| 120 | 800 m |
| 100 | 600 m |
| 80 | 400 m |

- **Rasante**

Inclinación vertical existente en el trazado de una vía. El valor normal, expresado en porcentaje en rampa (rasante ascendente) y pendiente (rasante descendente) debería ser:

Cambio de rasante.

| VELOCIDAD DE PROYECTO | RAMPA | | PENDIENTE | |
|---|---|---|---|---|
| | Normal | Excepcional | Normal | Excepcional |
| 140 km/h | 3% | 4% | 4% | 4% |
| 120 km/h | 4% | 5% | 5% | 5% |
| 100 km/h | 5% | 5% | 6% | 6% |
| 80 km/h | 6% | 6% | 6% | 7% |

La longitud máxima de las rampas en cada tramo de autopista no debería sobrepasar los 3.000 metros. Los túneles deben presentar una sola inclinación, con un porcentaje no superior al 3%.

- **Curvas**

— **Curva de acuerdo horizontal:** es la que facilita el cambio de dirección de forma progresiva desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente.

— **Curva de acuerdo vertical:** es la que facilita el cambio de dirección de forma progresiva desde una trayectoria recta a un cambio de pendiente, pudiendo ser cóncava o convexa.

Los valores normales de radios circulares son:

| Tipo de vía | Radio mínimo normal | Radio máximo normal |
|---|---|---|
| A-140 | 1.200 m | 10.000 m |
| A-120 | 600 m | 10.000 m |
| A-100 | 600 m | 10.000 m |
| A-80 | 400 m | 10.000 m |

- **Peralte**

Inclinación transversal de la calzada en curvas, al objeto de disminuir los posibles efectos de la fuerza centrífuga. Se expresa en porcentaje.

| Peralte (%) en función del radio de la curva (en metros) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de vía | 300 m | 600 m | 900 m | 1.200 m | 1.500 m | 1.800 m | 2.000 m |
| A-140 | — | — | 7 | 5 | 4 | 3,7 | 3,4 |
| A-120 | — | — | 5 | 4,1 | 3,4 | 3,1 | 2,9 |
| A-100 | — | 5,0 | 3,7 | 3,2 | 2,7 | 2,6 | 2,4 |
| A-80 | 6,1 | 3,8 | 3,0 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2,1 |

- **Plataforma**

Es la zona constituida por la calzada y los arcenes.

La anchura aconsejable de los carriles que forman la calzada normal es de:

A-140 — 3,75 m
A-120 — 3,75 m
A-100 — 3,50 m
A-80 — 3,50 m
Carril adicional — 3,50 m

La longitud mínima de un carril adicional es:

A-140 — 500 m
A-120 — 400 m
A-100 — 350 m
A-80 — 300 m

Los arcenes deben poseer una anchura de:

| Tipo de vía | Arcén exterior | Arcén interior |
|---|---|---|
| A-140 | 3,00 m | 1,50 m |
| A-120 | 2,50 m | 1,00 m |
| A-100 | 2,50 m | 1,00 m |
| A-80 | 2,50 m | 1,00 m |

- **Mediana**

La separación mínima entre los bordes de las calzadas es:

| Tipo de vía | Arcén exterior | Arcén interior |
|---|---|---|
| A-140 | 12 m | 6 m |
| A-120 | 9 m | 6 m |
| A-100 | 9 m | 5 m |
| A-80 | 8 m | 4 m |

La longitud de los pasos a través de la mediana debe ser de 30 metros, distantes de 2 a 4 km entre sí. Si bien, en las proximidades de túneles, puentes, etc., deberán estar situados a unos 200 metros de sus extremos para permitir el desvío de la circulación.

- **Berma**

Es la zona comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta o terraplén. Generalmente, es utilizada para la señalización, iluminación, balizamiento, etc.

- **Nivel de servicio**

Este aspecto indica condiciones de circulación tales como velocidad media ponderada, intensidad de tráfico, número de carriles, factor hora punta, etc.

La intensidad media de circulación para tramos de autopistas (A140-A120) es de 2.300 a 3.000 vehículos/hora, con una velocidad media superior a 80 km/h. En cuanto a los tramos A100, A80, con una velocidad media no inferior a 65 km/h, la intensidad de la circulación es de 2.800 a 3.600 vehículos/hora, y el aporte de vehículos por carril adicional se estima de 1.400 a 1.800 vehículos/hora.

### 2.1.1.2. Características constructivas

#### a) Firme

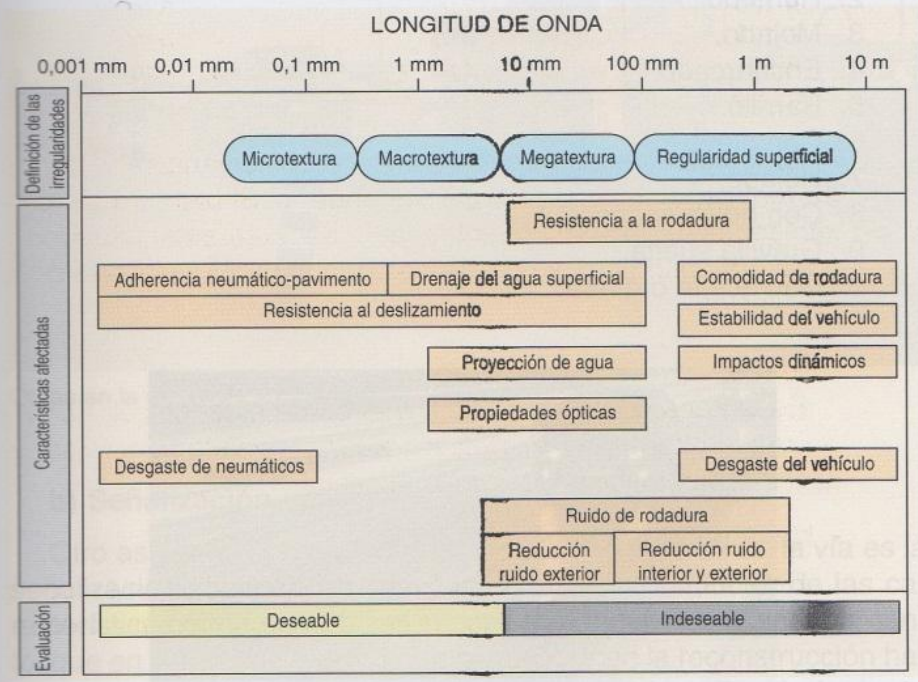
El firme de una carretera puede definirse como aquella parte de la misma formada por un conjunto de capas tipológicas diferentes con distintas misiones estructurales y funcionales, proyectadas y constituidas de forma que respondan solidariamente frente a las

solicitaciones externas y cuyo fin último es garantizar la seguridad y el confort del usuario.

La descripción y el conocimiento adecuado del firme y de sus irregularidades permitirán obtener, entre otras cosas, los valores de adherencia neumático-pavimento, la capacidad de drenaje del agua superficial y las propiedades ópticas del asfalto (refracción y reflexión de la luz).

Si la observación se hace atendiendo a pequeñas dimensiones (milímetros, centímetros), se verá la rugosidad superficial, mientras que si se observan grandes tramos (varios metros, hectómetros) se estará inspeccionando la regularidad superficial.

En el cuadro adjunto se aprecia la escala de observación de las irregularidades del firme y cómo afecta a la conducción.




Influencia de las irregularidades del firme sobre sus características funcionales.

Las capas de rodadura de los firmes de carreteras están constituidas por áridos cohesionados por un ligante asfáltico (pavimentos bituminosos) o mediante cemento (pavimentos de hormigón). Las características básicas que han de cumplir estos áridos son las siguientes:

— Romper la película de agua procedente de la lluvia, al objeto de asegurar el contacto íntimo entre el neumático y el pavimento. Ello depende de las características de rugosidad y aspereza superficial del árido. Estas pequeñas irregularidades se conocen con la denominación de microrrugosidad o microtextura.

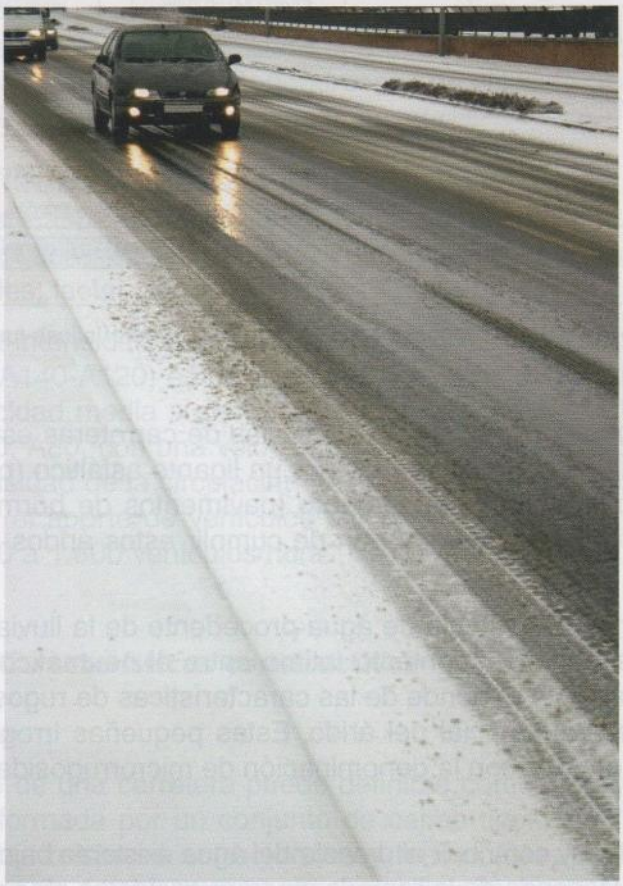
— Facilitar y contribuir al drenaje del agua existente bajo el neumático. Depende de la llamada macrorrugosidad o macrotextura de

la superficie, que está en función de la composición granulométrica de la capa de rodadura y de los tratamientos que en ella se realicen.

— Durabilidad, en el tiempo, de las características del firme. La exposición al tráfico rodado, unida al paso del tiempo, van cambiando las características del pavimento, puliendo los áridos y modificando sensiblemente la microtextura y la macrotextura, dificultando, por tanto, la evacuación de la película de agua procedente de la lluvia.

Como es lógico, el informe técnico de reconstrucción del accidente se verá influenciado por el estado de la superficie del firme, pudiendo ser:

1. Seco.
2. Húmedo.
3. Mojado.
4. Encharcado.
5. Barrillo.
6. Con nieve.
7. Helado.
8. Con hojas secas.
9. Gravilla suelta.
10. Con aceite o grasa.



Nieve en la calzada.

Asimismo, la superficie de la vía puede presentar, como condicionantes:

1. Baches. Hoyos de una longitud superior a 30 cm y más anchos que el neumático.
2. Lomos.
3. Badén.
4. Piso ondulado.
5. Estrechamiento longitudinal.
6. Reducción de la altura por puentes, obras de fábrica, etc.
7. Bordillos.

Obras en la calzada.

### b) Señalización

Otro aspecto importante dentro de las condiciones de la vía es la señalización, puesto que orienta e informa al conductor de las características de la carretera e impone conductas. Es lógico, por tanto, que en el informe técnico que se elabore en la reconstrucción haya una descripción de la señalización existente. En el siguiente cuadro quedan recogidos los diferentes sistemas de señalización utilizados hoy en día:

| Tipo de señalización | Clasificación | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ordenada por los agentes | | | | |
| Luminosa | Secuencia y ciclos de tiempos. Paneles informativos | | | |
| Vertical | Peligro (P...), Reglamentación (R...), Indicación (...). | | | |
| Marcas viales | Longitudinales<br>M1...<br>M2...<br>M3... | Transversales<br>M4... | Flechas<br>M5... | Inscripciones<br>M6...<br>M7...<br>Otros |
| Circunstancial | Barreras, paneles, direcciones, otros. | | | |

La columna «clasificación» contempla aquellos aspectos de mayor interés para el técnico en reconstrucción de accidentes; por ejemplo, la «señalización» realizada por los agentes de la circulación es un aspecto testimonial, pero no medible ni cuantificable. Por tanto, seguidamente se refleja aquella señalización que pueda incidir objetivamente en el planteamiento del accidente.

- **Señalización luminosa**

  Es preciso fijarse en la existencia de semáforos, pórticos u otro tipo de señales luminosas. En caso afirmativo, es fundamental comprobar que funcionaban correctamente cuando sucedieron los hechos, y si existe la posibilidad de que se produjera una mala interpretación de las mismas u ocultación por la vegetación, edificios, vehículos existentes o falta de perceptibilidad, debido al entorno que las rodea.

  Un aspecto de gran importancia en la señalización luminosa es el intervalo de tiempo que transcurre entre los diversos ordenamientos de itinerarios, ya que podría darse simultaneidad entre ellos. El estudio de tales intervalos de tiempo es sólo una parte, dado que pueden existir aspectos referentes a deslumbramiento, intensidad deficiente, tiempo invertido por el vehículo desde que comienza la marca (posición de la señal) hasta donde ocurre el accidente, etc.

- **Señalización vertical**

  En primer lugar, conviene diferenciar las partes que posee una señal vertical y, posteriormente, los tipos de señal vertical *existentes.*

  Una señal fija (permanente) es la colocada para que permanezca en un lugar determinado durante un período largo de

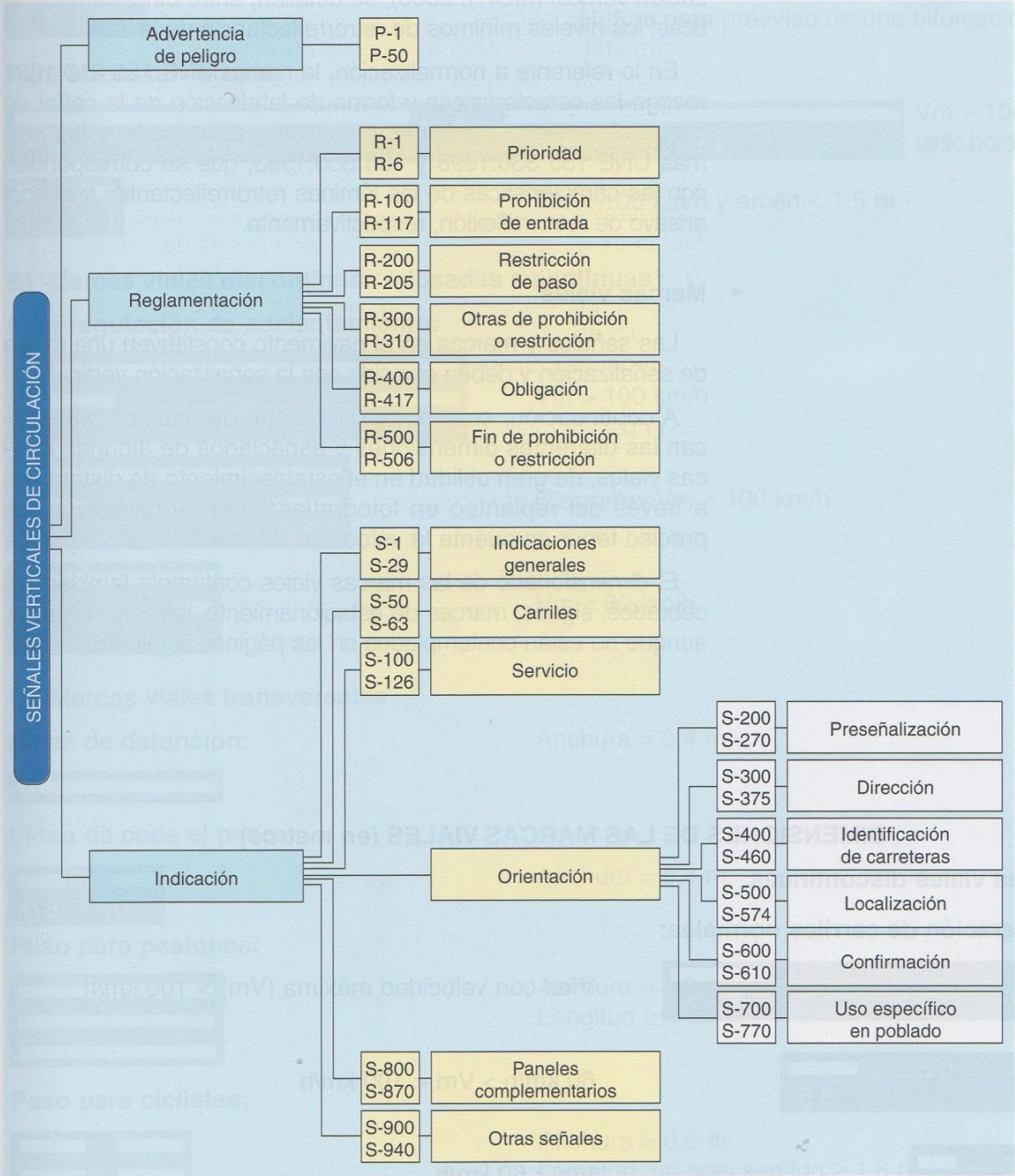
Diferentes elementos de la señal vertical.

tiempo. Su soporte o poste se fija generalmente en la tierra. Consta de las siguientes partes:

— **Cara de la señal.** Es la parte frontal y visible por el usuario sobre la que va inscrita la leyenda (texto y/o pictograma) que comprende el mensaje.

— **Sustrato.** Material base que conforma la señal o cartel. También comprende a la propia señal ya fabricada con el material que se emplea, antes de inscribir en ella la leyenda.

— **Elemento de sustentación.** Sirve de soporte al sustrato.




Clasificación de las señales.

- **Clasificación de las señales**

Los tamaños de las señales, símbolos, leyendas y pictogramas están recogidos en el nuevo Reglamento General de Circulación (R.D. 1428/2003, de 21 de noviembre, BOE nº 306, de 23 de diciembre de 2003) y en el Catálogo Oficial de Señales de Circulación, tomo 1, Características de las señales, en el que se indican, además, la forma, color, diseño y dimensiones de las distintas señales, en función de cada tipo de vía y sistemas de colocación.

Además, en la Instrucción de Carreteras 8.1-IC/1991. Señalización vertical (MOPT. 2000), se detallan, entre otras características, los niveles mínimos de retrorreflectancia de la señal.

En lo referente a normalización, la norma UNE 135 310:1991 recoge las características y forma de fabricación de la señal de chapa de acero galvanizada, embutida y estampada, y las normas UNE 135 330:1998 y 135 350:1993, que se corresponden con las características de las láminas retrorreflectantes y las del ensayo de retrorreflexión, respectivamente.

- **Marcas viales**

Las señales y marcas en el pavimento constituyen una forma de señalización y deben coincidir con la señalización vertical.

A continuación, se exponen una serie de gráficos que indican las diferentes dimensiones y espaciados de algunas marcas viales, de gran utilidad en el establecimiento de distancias, a través del replanteo en fotografías; para su utilización, es preciso tener en cuenta la velocidad de la vía.

El dimensionado de las marcas viales contempla también los cebrados, signos, marcas de estacionamiento, letras y números, aunque no están contemplados en las páginas siguientes:

## DIMENSIONES DE LAS MARCAS VIALES (en metros)

### A) Marcas viales discontinuas

**Para separación de carriles normales:**

Vías con velocidad máxima (Vm) > 100 km/h

60 km/h > Vm < 100 km/h

Vm < 60 km/h

**Para separación de carriles reversibles:**

Vm > 60 km/h

Vm < 60 km/h

**Para preaviso de marca continua:**

**Para separación de carriles de entrada y salida:**

anchura
- 0,4 m Vm > 100 km/h
- 0,3 m Vm < 100 km/h
- 0,5 m para preaviso de una bifurcación

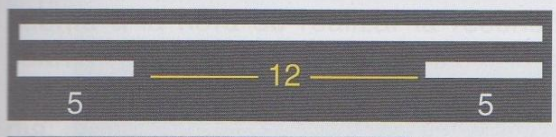
**Para borde de calzada:**

Vm > 100 km/h
(sólo borde derecho)

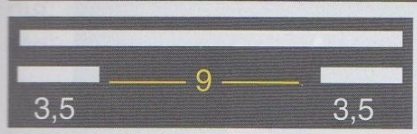
Vm < 100 km/h y arcén < 1,5 m

**B) Marcas viales discontinuas adosadas a continuas**

**Para regulación de adelantamiento:**




Vm > 100 km/h




60 km/h > Vm < 100 km/h

Vm < 60 km/h

**C) Marcas viales transversales**

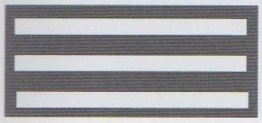
**Línea de detención:**

Anchura = 0,4 m

**Línea de ceda el paso:**

Anchura = 0,4 m

**Paso para peatones:**

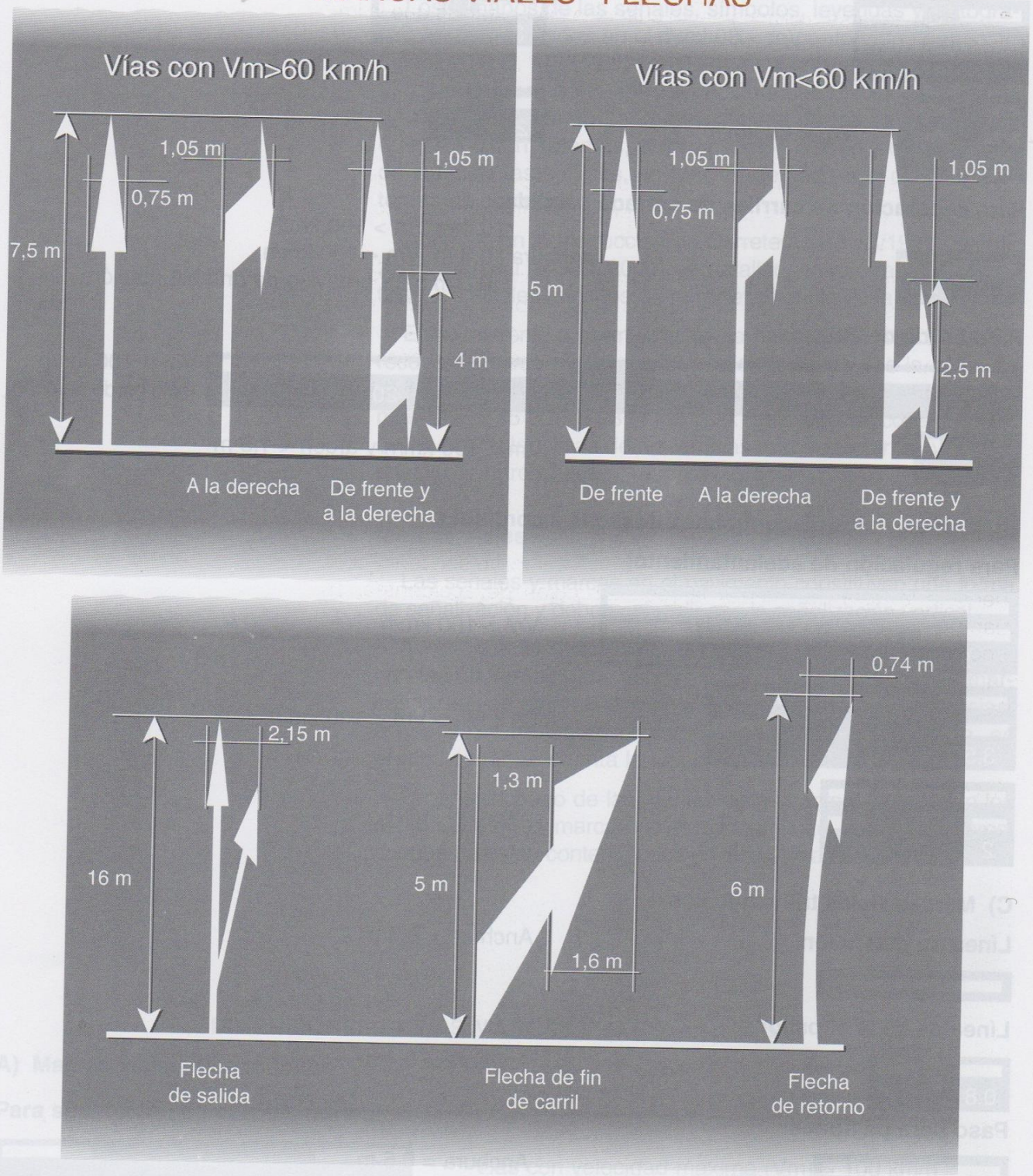


Anchura = 0,5 m
Longitud ≥ 4 m

**Paso para ciclistas:**

Anchura = 0,5 m
Longitud, un solo sentido ≥ 1,8 m
Longitud, doble sentido ≥ 3,0 m

## MARCAS VIALES· FLECHAS




Marcas viales y flechas.

- **Señalización circunstancial**

La señalización circunstancial es aquélla utilizada de forma temporal por un corto período, pudiendo ser vertical u horizontal.

Si es vertical, su soporte se apoya generalmente sobre la tierra y no se introduce en ella. En caso de ser horizontal, debe borrarse, taparse o eliminarse en cuanto la circunstancia que la impone se modifique o desaparezca.

## 2.1.2. El entorno

Por entorno se entienden todas aquellas circunstancias que rodean la vía y están presentes durante el accidente, tengan o no una participación o influencia directa.

Algunas de estas circunstancias pueden alterarse en pocos minutos y horas; otras pueden variar con la climatología de la zona o la estación del año, por lo que sería difícil constatar su presencia en el momento del accidente. A fin de facilitar una descripción básica de estas condiciones, se agruparán de la siguiente manera: las que facilitan la identificación del entorno y las que lo describen.

### 2.1.2.1. Identificación del entorno

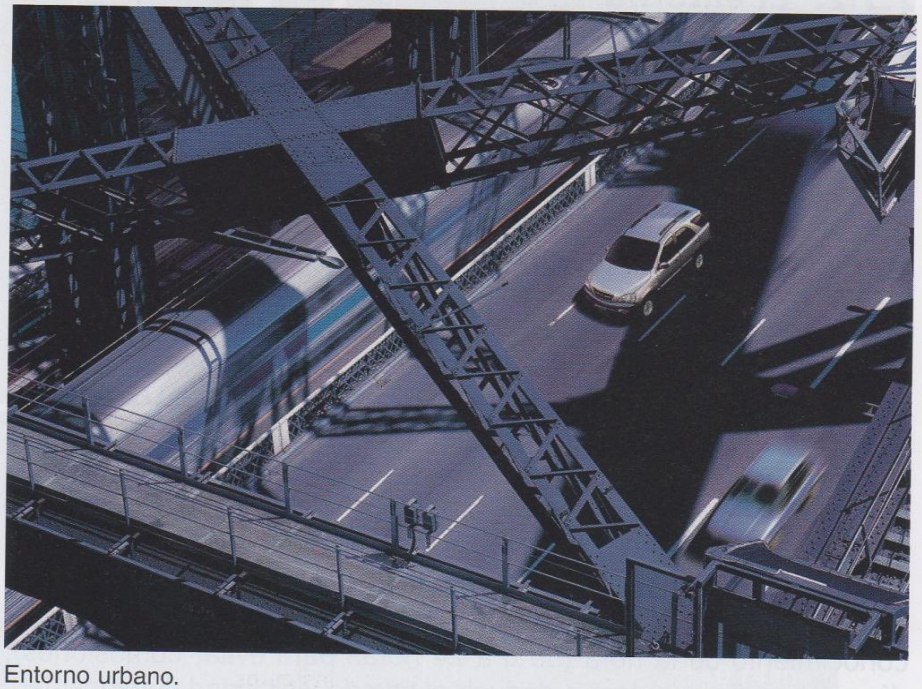
Los datos referentes a la identificación del entorno son tenidos en cuenta a la hora de realizar la reconstrucción de accidentes, en cuanto que sitúan el acontecimiento en el espacio y en el tiempo. El conocimiento de la hora (de 0 a 24 horas para evitar confusiones), día, mes y año, ayudará a deducir el tipo de visibilidad, luminosidad, etc., según la estación del año.

Conducción en situación de visibilidad reducida.

Es significativa la información que estos datos, de carácter general y básico, pueden aportar en determinadas reconstrucciones.

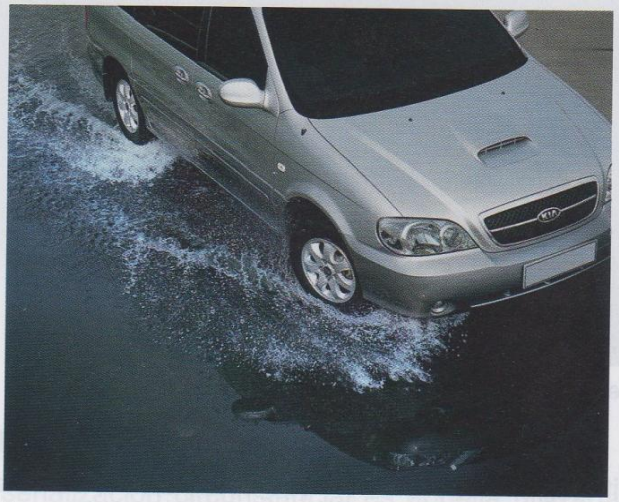
### 2.1.2.2. Descripción del entorno

Se analizarán las diferentes condiciones del entorno desde dos puntos de vista: **climatológico y ambiental**; dentro de los ambientales están, entre otros, la luminosidad, la fluidez del tráfico y la visibilidad.



Entorno urbano.

Estas condiciones deberán estudiarse conjuntamente con las posibles circunstancias en la vía, con una denominación específica que aporte una idea clara sobre su estado. Así, por ejemplo, si fuera preciso comentar el tipo de niebla existente, es decir, qué cantidad de niebla existía en el momento del accidente, se utilizarán expresiones como «muy fuerte», que indica que existe una visibilidad inferior a los 50 metros.



Agua en la calzada.

### a) Condiciones descriptivas climatológicas

Las condiciones descriptivas en materia climatológica y su influencia en el entorno se recogen en el siguiente cuadro:

| Climatología | Variantes | Influencia |
|---|---|---|
| **BUEN TIEMPO** | — | Visibilidad superior a 9.000 m |
| **CALIMA**<br>Producida por partículas secas en movimiento | — | Visibilidad superior a 2.000 m |
| **NEBLINA**<br>Producida por partículas húmedas en movimiento | DÉBIL | Visibilidad superior a 4.000 m |
| | MEDIA | Visibilidad entre 2.000 y 4.000 m |
| | FUERTE | Visibilidad entre 1.000 y 2.000 m |
| **NIEBLA**<br>Gotas de agua suspendidas en el aire | DÉBIL | — Visibilidad entre 500 y 1.000 m<br>— Disminuye la adherencia neumático-pavimento |
| | MEDIA | — Visibilidad entre 200 y 500 m |
| | FUERTE | — Visibilidad entre 50 y 200 m<br>— Reducción de la adherencia neumático-pavimento<br>— Incremento de la fatiga y cansancio del conductor |
| | MUY FUERTE, «de pantalla». Producida en numerosas ocasiones por las gotas de agua en el aire y la contaminación existente | — Visibilidad inferior a 50 m<br>— Reducción de la adherencia neumático-pavimento<br>— Aumento de la fatiga del conductor<br>— Incertidumbre en el comportamiento del conductor para realizar maniobras |
| **LLUVIA**<br>Precipitación de agua en estado líquido | LIGERA | Pérdida de la adherencia neumático-pavimento |
| | FUERTE | Pérdida de adherencia y visibilidad |
| | TORRENCIAL | Pérdida del control del vehículo, además de adherencia y visibilidad |
| **NIEVE**<br>Precipitación de agua cristalizada | NEVADA LIGERA | Es posible la visión |
| | NEVADA INTENSA | Impide la visibilidad |
| | VENTISCA | Se acompaña de viento fuerte |
| **HIELO** | — | Disminuye la adherencia neumático-pavimento |
| **GRANIZO**<br>Precipitación de agua solidificada | — | Disminuye la adherencia |
| **VIENTO** | CALMA<br>FLOJO<br>FRESCO<br>FUERTE<br>TEMPORAL<br>HURACÁN | Tendencia a la deriva del vehículo. Incluso, puede llegar a producir el vuelco de vehículos de grandes dimensiones |

### b) Condiciones descriptivas ambientales

Las condiciones descriptivas ambientales del entorno incluyen conceptos como la luminosidad, la intensidad del tráfico y la visibilidad.

| Condiciones descriptivas ambientales |
|---|
| — Luminosidad |
| — Intensidad de tráfico |
| — Visibilidad |

#### • Condiciones descriptivas de luminosidad

Una de las circunstancias importantes de la reconstrucción de accidentes es la luminosidad de la vía.

Los criterios para calcular el nivel y el factor de uniformidad en la iluminación, según el tipo de vía, considerando la velocidad del tráfico rodado, se representan en los cuadros siguientes:

| Nivel y factor de uniformidad de iluminación sobre la calzada, en servicio | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Luminancia (lux) | 4 | 7 | 15 | 22 | 30 |
| Uniformidad (relación entre los valores mínimo y máximo) | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,30 |
| TIPO DE VÍA | Intensidad media horaria (vehículos/hora) | | | | |
| Vía principal, continuación de carretera de red básica afluente a otra carretera | 250-500 | 500-1.000 | 1.000-1.800 | Más de 1.800 | |
| Vía principal, continuación de carretera de red comarcal | — | 300-600 | 600-1.200 | — | — |
| Vía principal, continuación de carretera de red local o vecinal | — | 400-800 | — | — | — |
| Vías urbanas | 150-300 | 300-600 | 600-1.200 | 1.200-1.400 | Más de 2.400 |

Fuente: Revista *CARRETERAS*.

| Nivel y factor de uniformidad de iluminación, teniendo en cuenta la velocidad del tráfico rodado | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Luminancia (lux) | 4 | 7 | 15 | 22 | 30 |
| Uniformidad (relación entre los valores mínimo y máximo) | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,30 |
| VELOCIDAD | Intensidad media horaria (vehículos/hora) | | | | |
| Inferior a 25 km/h | 150-400 | 400-800 | 800-1.600 | 1.600-3.200 | Más de 3.200 |
| Superior a 55 km/h | 150-250 | 250-500 | 500-1.000 | 1.000-1.800 | Más de 1.800 |

Fuente: Revista *CARRETERAS*.

Con el fin de facilitar una interpretación correcta de los cuadros anteriores, se definen algunos de los tecnicismos más usuales (fuente: Manual de Luminotecnia OSRAM):

— **Iluminancia (E):** Es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su extensión. Su unidad es el lux, que se refiere a un metro cuadrado.

| Distintos valores aproximados de iluminancias | |
|---|---|
| Mediodía de verano al aire libre, con cielo despejado | 100.000 lux |
| Mediodía de verano al aire libre, con cielo cubierto | 20.000 lux |
| Puesto de trabajo bien iluminado en un recinto interior | 1.000 lux |
| Buen alumbrado público | 20 a 40 lux |
| Noche de luna llena | 0,25 lux |
| Noche de luna nueva (luz de estrellas) | 0,01 lux |

Fuente: *OSRAM.*

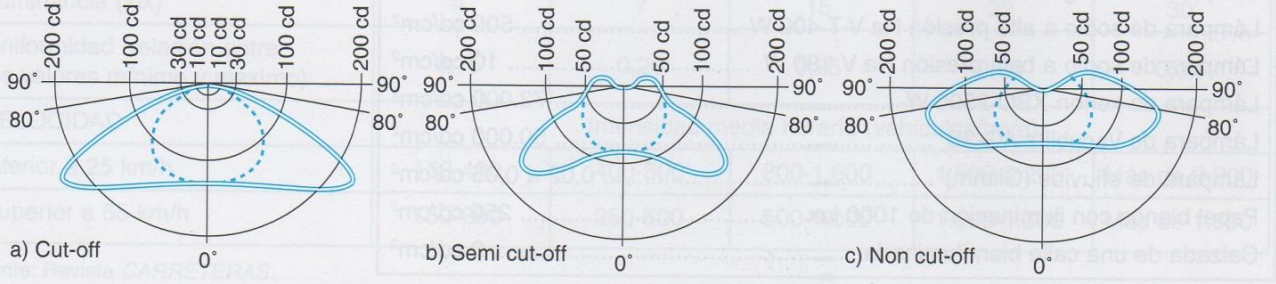
— **Luminancia (L)** de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la intensidad luminosa de dicha dirección y la superficie vista por un observador, situado en la misma dirección. Su unidad es la candela por metro cuadrado ($cd/m^2$), y es la máxima cuando el ojo se encuentra en la perpendicular a la superficie luminosa.

| Valores aproximados de luminancias | |
|---|---|
| Sol | 150.000 $cd/cm^2$ |
| Cielo despejado | 0,3 a 0,5 $cd/cm^2$ |
| Cielo cubierto | 0,03 a 0,1 $cd/cm^2$ |
| Luna | 0,25 $cd/cm^2$ |
| Llama de una vela de cera | 0,7 $cd/cm^2$ |
| Lámpara incandescente clara | 100 a 200 $cd/cm^2$ |
| Lámpara incandescente mate | 5 a 50 $cd/cm^2$ |
| Lámpara incandescente opal | 1 a 5 $cd/cm^2$ |
| Lámpara fluorescente L 40 W/20 | 0,75 $cd/cm^2$ |
| Lámpara de mercurio a alta presión HQL 400 W | 11 $cd/cm^2$ |
| Lámpara de halógenos metálicos HWI 400 W | 78 $cd/cm^2$ |
| Lámpara de sodio a alta presión Na V-T 400 W | 500 $cd/cm^2$ |
| Lámpara de sodio a baja presión Na V 180 W | 10 $cd/cm^2$ |
| Lámpara de xenón XBO 2500 W | 72.000 $cd/cm^2$ |
| Lámpara de Vacublitz AG-3B | 50.000 $cd/cm^2$ |
| Lámpara de efluvios (Glimm) | 0,02 a 0,05 $cd/cm^2$ |
| Papel blanco con iluminación de 1000 lux | 250 $cd/cm^2$ |
| Calzada de una calle bien iluminada | 2 $cd/cm^2$ |

Fuente: *OSRAM.*

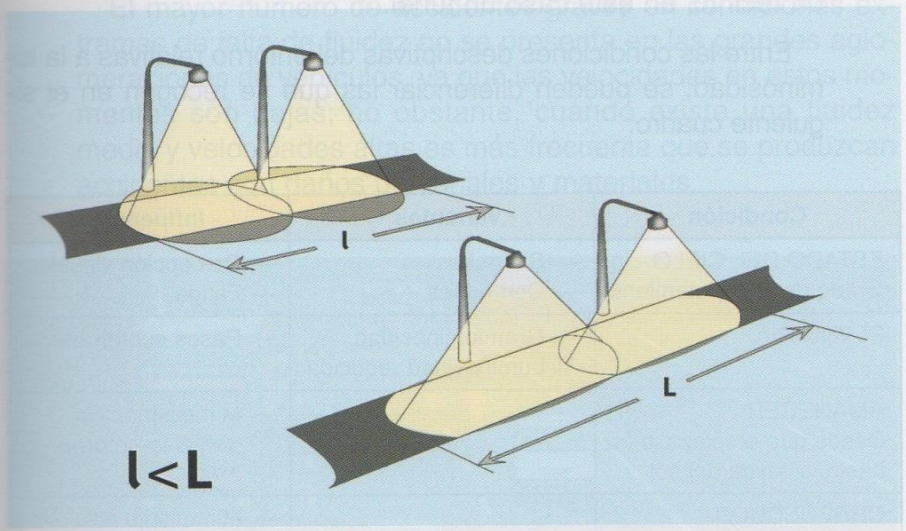
| RESUMEN DE LAS MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS FUNDAMENTALES | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Magnitud** | **Símbolo** | **Unidad** | **Definición de la unidad** | **Relaciones** |
| Flujo luminoso | $\phi$ | Lumen (lm) | Flujo emitido, en un ángulo sólido unidad, por una fuente con una intensidad luminosa de una candela | $\phi = I \cdot \omega$ |
| Rendimiento luminoso | $\eta$ | Lumen por vatio (lm/W) | Flujo luminoso emitido por unidad de potencia | $\eta = \phi / W$ |
| Cantidad de luz | Q | Lumen por segundo (lm/s) Lumen por hora (lm/h) | Flujo luminoso emitido por unidad de tiempo (segundos) | $Q = \phi \cdot t$ |
| Intensidad luminosa | I | Candela (cd) | 1/60 de la intensidad luminosa por $cm^2$ de un «cuerpo negro» (absorbe toda la luz) a la temperatura de fusión del platino (2.046 °K) | $I = \phi / \omega$ |
| Iluminancia | E | Lux (lx) | Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 $m^2$ | $E = \phi / S$ |
| Luminancia | L | Candela por $m^2$ ($cd/m^2$) Candela por $cm^2$ ($cd/cm^2$) | Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie | $L = I / S$ |

— **Deslumbramiento:** es un fenómeno fisiológico que reduce la capacidad visual, debido a un exceso de luminancia a la que el ojo no puede adaptarse; provoca una reacción en la retina, insensibilizándola durante cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse. El deslumbramiento puede producirse directamente, cuando la propia fuente de luz es la que se encuentra dentro del campo visual, o indirectamente, cuando aquélla se halla fuera del campo visual, pero el ojo recibe su luz, reflejada por superficies que poseen un alto grado de reflexión (lunas, espejos, zonas metálicas). El valor máximo tolerable de luminancia para la visión directa es de 7.500 $cd/m^2$.

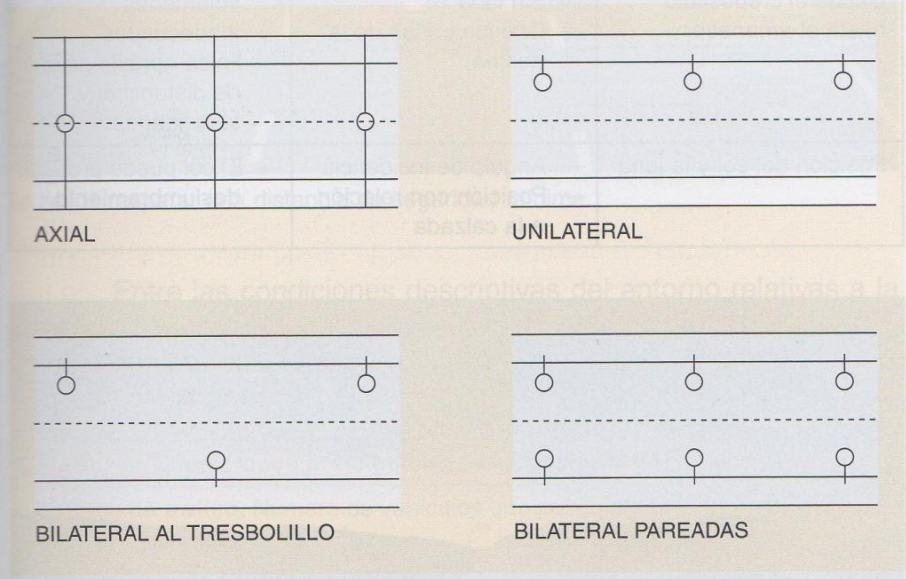



Ejemplo de curvas fotométricas de luminarias asimétricas para alumbrado público, según clasificación CIE. Fuente OSRAM.

Las luminarias de distribución asimétrica son las de mayor aplicación en el alumbrado de calles y carreteras, pues, por lo general, al ser su longitud mayor que la anchura, ofrecen un mejor aprovechamiento del flujo luminoso, como puede observarse en la figura siguiente.




Mayor aprovechamiento del flujo luminoso con el empleo de luminarias de distribución asimétrica en el alumbrado de calles y carreteras. Fuente OSRAM.




Disposiciones más frecuentes de los puntos de luz en las instalaciones de alumbrado público. Fuente: OSRAM.

Es importante recordar los problemas de **adaptación de la visión** del conductor a la entrada y salida de pasos subterráneos, donde los niveles de iluminación interior deben estar relacionados, de forma gradual, con los niveles de iluminación exterior.

Dentro de un paso subterráneo, hay que destacar el fenómeno de visión parpadeante, producido por las lámparas

cuando iluminan superficies brillantes (techos y cristales) y que, en ciertos casos, perturban la visión, afectando al sentido del equilibrio.

Otro aspecto no visual, sino psicológico, es la **claustrofobia**, es decir, sensación de angustia al saberse encerrado en un recinto, en este caso un túnel.

Entre las condiciones descriptivas del entorno relativas a la luminosidad, se pueden diferenciar las que se recogen en el siguiente cuadro:

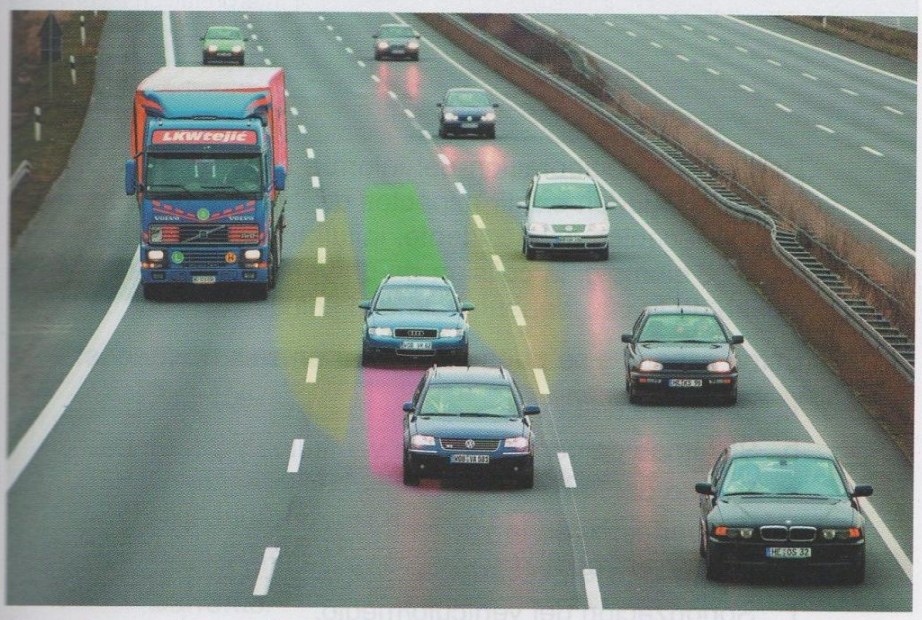
| Condición | Variantes | Influencia |
|---|---|---|
| ESTADO DEL CIELO<br>Grado de encapotamiento | — Sin nubes<br>— Con nubes | — Percepción visual<br>— Fatiga |
| PLENO DÍA | — Gran luminosidad<br>— Luminosidad reducida | — Pasos subterráneos |
| AMANECER<br>Desde que empieza la luz hasta la salida del sol | | — Mimetismo vehículo-entorno |
| CREPÚSCULO<br>Período de tiempo entre la puesta de sol y la oscuridad | | — Mimetismo vehículo-entorno |
| ANOCHECER<br>Desde el crepúsculo hasta el amanecer | — Iluminación artificial<br>— Sin luna<br>— Con luna, fase de la misma | — Percepción de volúmenes inadecuados<br>— Falsa aproximación de distancias y velocidades |
| Posición del sol y la luna | — Ángulo de incidencia<br>— Posición con relación a la calzada | — El sol puede producir deslumbramiento |

Crepúsculo.

- **Condiciones descriptivas de la intensidad del tráfico**

Éste es otro de los aspectos a tener siempre presente, ya que puede condicionar la marcha normal del tráfico, provocando actitudes incorrectas; por otra parte, la masificación de las vías está estrechamente relacionada con la seguridad viaria.

El mayor número de accidentes graves en condiciones extremas de falta de fluidez no se presenta en las grandes aglomeraciones de vehículos, ya que las velocidades en estos momentos son bajas; no obstante, cuando existe una fluidez media y velocidades altas es más frecuente que se produzcan accidentes con daños personales y materiales.



Se ha de respetar una distancia de seguridad mínima.

Entre las condiciones descriptivas del entorno relativas a la intensidad del tráfico se pueden distinguir, principalmente, las siguientes:

| Condiciones principales de la intensidad del tráfico |
|---|
| **Volumen de tráfico.** Número de vehículos que pasan por unidad de tiempo por un determinado tramo de la vía. |
| **Intensidad media.** Número de vehículo que circulan por esa zona o tramo diariamente. |
| **Velocidad media** de circulación. |
| Períodos de tiempo de espera, **aglomeraciones.** |

- **Condiciones descriptivas de visibilidad**

Entre las condiciones descriptivas referentes a la visibilidad, se puede atender, principalmente, a los siguientes aspectos:

| Condición | Variantes | Influencia |
|---|---|---|
| OBSTRUCCIONES VISUALES | Objetos aislados:<br>— Paneles publicitarios<br>— Vegetación<br>— Otros vehículos | Obstaculizan, durante un tiempo, la visión del conductor. |
| | Dependiendo del trazado (curvas) | Retrasan el posible punto perceptivo del peligro. |
| | Dependiendo de la pendiente (cambio de rasante) | |
| OBSTRUCCIONES VISUALES NOCTURNAS | | Interpretación incorrecta de las distancias.<br>Interpretación incorrecta de las dimensiones. |

### c) Otros aspectos

Dentro de la elaboración del informe de reconstrucción de accidentes, pueden existir aspectos de la vía que, dependiendo de la mecánica del accidente, influirán de manera determinante. Por ejemplo, la colisión de un vehículo contra un árbol al salirse de la vía.

Estos aspectos se pueden agrupar en seis apartados:

a. Laterales de la vía.
b. Sistemas de contención de vehículos y peatones.
c. Estado del firme.
d. Desperfectos en la vía.
e. Obstáculos en la calzada.
f. Sonorización del vehículo/medio.

Se analizan, a continuación, algunos de ellos:

- **Laterales de la vía**

**Bordes:**

— Con bordillo elevado.
— Con línea de cemento.
— Con línea blanca.
— Con fila de adoquines.
— Sin línea.
— Descarnados.

**Laterales:**

Los laterales de la calzada (espacio que se encuentra fuera de la carretera, en la cuneta) pueden estar:

— Al mismo nivel.
— En terraplén.
— En desmonte.

Arcén y cuneta.

**Obstáculos:**

Los obstáculos laterales pueden ser:

— Quitamiedos.
— Árboles.
— Edificios.
— Semáforos, señales, postes, etc.
— Pilastras u obras de fábrica.
— Ríos, canales, acequias, arroyos…
— Barreras.
— Etc.

- **Sistemas de contención de vehículos y peatones**

Los sistemas de contención pueden ser de vehículos y de peatones.

| Sistemas de contención de vehículos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pistas de frenado | Atenuadores de impactos | Terminales | Barreras de seguridad | Parapetos para vehículos |

| Sistemas de contención de peatones | |
|---|---|
| Guardarraíl para peatones | Parapetos para peatones |

El nombre genérico que reciben los sistemas de contención de vehículos y de peatones en carretera es el de sistemas de contención en carretera.

Protección en un puente (sistema de contención en carretera).

— **Sistemas de contención de vehículos en carretera:** Sistemas instalados en la carretera para proveer un nivel de contención para un vehículo con trayectoria errática; son utilizados para reducir los daños materiales y personales que puedan sufrir los usuarios de los vehículos y propietarios de fincas colindantes con la carretera. Hay que señalar que ningún sistema de este tipo es capaz de contener un vehículo bajo cualquier condición y velocidad de impacto.

- Barrera de seguridad permanente: Es la barrera de seguridad instalada con carácter permanente en la carretera.
- Barrera de seguridad temporal: Es una barrera de seguridad que se puede mover; se utiliza en casos de obras, emergencias y otras situaciones similares.
- Barrera de seguridad deformable: Es una barrera de seguridad que se deforma con el impacto del vehículo, dado que absorbe su energía y puede soportar una deformación permanente.
- Barrera de seguridad de un solo lado: Es una barrera de seguridad diseñada para soportar un impacto por un solo lado.
- Barrera de seguridad de doble lado: Es una barrera de seguridad diseñada para recibir impactos por los dos lados.
- Terminal: es el anclaje final de una barrera de seguridad.
  - — Terminal guiado: es un terminal situado en el final de una barrera de seguridad, en el sentido del tráfico.
  - — Terminal empotrado: es un terminal situado en el final de una barrera de seguridad, en el sentido contrario al tráfico.

- Parapeto para vehículos: Es una barrera de seguridad instalada al borde de un puente o de un muro de contención o cualquier otra estructura similar, y que puede incluir una protección adicional para peatones y otros usuarios de la carretera.

Barrera de seguridad, superada por la violencia del impacto del vehículo.

- Atenuador de impactos: Es un mecanismo de absorción de la energía del vehículo, instalado para proteger un objeto rígido o para reducir la gravedad del impacto. Puede ser de dos tipos:
  - — Atenuador de impactos redireccional: Diseñado para contener y redirigir al vehículo que impacta contra él.
  - — Atenuador de impactos no redireccional: Diseñado únicamente para contener y absorber la energía del vehículo que impacta contra él.
- Pista de frenado: Es una zona de tierra adyacente a la carretera y rellenada con un material especial, que tiene la finalidad de decelerar y frenar vehículos de trayectoria errática; generalmente, se sitúa en pendiente de alto gradiente.

Doble bionda de seguridad.

— **Sistemas de contención de peatones:** Son sistemas instalados con la finalidad de proveer restricción y guía a los peatones. Pueden ser parapetos o guardarraíles.

- Parapetos para peatones: Son sistemas de contención de peatones, no de vehículos. Se colocan a lo largo de un puente, en la parte superior de un muro de contención o de cualquier otra estructura similar.
- Guardarraíl para peatones: Es un sistema de contención para peatones y otros usuarios, que se coloca a lo largo del borde de un camino o senda, con la intención de contener a los peatones para que no crucen o accedan a una determinada zona de la carretera (el término «otros usuarios» incluye jinetes, ciclistas y rebaños de ganado, que puedan moverse próximos a la carretera).

La actuación o funcionamiento de una barrera de seguridad está en función de los siguientes criterios: nivel de contención, gravedad del impacto y capacidad de deformación del sistema que mejor se adapte a las características y condiciones del tráfico de una zona concreta.

## 2.2. El conductor

De forma general, se mencionan a continuación los aspectos fundamentales de la persona, que pueden tener interés para la reconstrucción de accidentes, distinguiendo al conductor, al viajero o al peatón, ya sean sujetos agentes o pacientes.

## 2.2.1. Datos de identificación

Los datos necesarios para identificar a una persona, desde el punto de vista de la reconstrucción de accidentes son, principalmente, su nombre, peso y altura. Otros aspectos, tales como edad, profesión, domicilio, estado, lugar de procedencia y destino pueden ser necesarios en algunos informes para el replanteamiento del accidente o para justificar, en parte, los motivos de una persona ante ciertas reacciones.

Los datos comunes para la identificación de conductores, viajeros y peatones son:

| | | |
|---|---|---|
| D.N.I.<br>Altura<br>Peso<br>Edad<br>Nombre y apellidos<br>Estado<br>Profesión<br>Domicilio<br>Lugar de salida<br>Destino<br>Familiares | **CONDUCTOR**<br>Persona que va al mando de un vehículo | VÍCTIMA O HERIDO |
| | **VIAJERO**<br>Persona que ocupa el vehículo, sin ser el conductor | VÍCTIMA O HERIDO |
| | **PEATÓN**<br>Persona que está en la vía, sin ser el conductor | VÍCTIMA O HERIDO |

## 2.2.2. Datos descriptivos

Los datos descriptivos referentes a las personas se analizan desde dos ámbitos: internos y externos. Los datos **internos** reflejan las limitaciones propias de todo ser humano; no aportan nada a la reconstrucción del accidente, pero justifican o ayudan a comprender sus conductas.

Los datos **externos**, por el contrario, aportan información en la reconstrucción, tal como tiempos de reacción, imprecisión de movimientos, confusión de objetos, apreciación equivocada de distancias y velocidad, etc.

| INTERNOS | EXTERNOS |
|---|---|
| — Carácter<br>— Percepción visual<br>— Percepción auditiva<br>— Motricidad<br>— Edad<br>— Salud... | — Alcohol<br>— Fármacos<br>— Cafeína<br>— Alimentación<br>— Fatiga<br>— Sueño<br>— Estrés... |

### a) Condicionantes internos que influyen en el conductor

- **Carácter**

Entre los estudios del comportamiento del conductor está generalmente aceptado que el ser humano al volante demuestra sus tendencias naturales, su carácter y su estado de ánimo momentáneo a veces de forma exacerbada, tanto si está eufórico como deprimido.

Cualquiera de estas u otras condiciones pueden llevar a ejercer una conducción imprudente, que hay que tratar de evitar.

La manifestación del carácter o de sus alteraciones puede generar accidentes y se suele presentar de muy diferentes formas:

— Impaciencia.

— Desprecio por las normas de circulación.

— Abuso de la capacidad del vehículo, sometiéndolo a cargas, aceleraciones y frenazos excesivos.

— Negligencia.

— Conducción temeraria, consecuencia de exigencias personales o profesionales, como el cumplimiento de horarios.

— Descortesía ante otros usuarios de la vía; por ejemplo, el bloqueo de intersecciones, etc.

La velocidad excesiva es un factor de riesgo.

- **Percepción auditiva**

En la actualidad, las señales acústicas parecen haber pasado a un segundo plano; no obstante, la prudencia aconseja el uso de estas señales en numerosas situaciones de peligro.

Las deficiencias auditivas ocasionan los siguientes efectos en el conductor:

— Impiden reconocer los avisos de atención realizados por ambulancias, policía y otros conductores y los ruidos ocasionados por fallos mecánicos del automóvil.

— Reducen el porcentaje de la información necesaria para efectuar una conducción adecuada. Sin embargo, mejoran la concentración del conductor, al no estar influenciado por ruidos, conversaciones y otros agentes externos.

- **Motricidad**

Cada conductor, en función de su grado de experiencia, tiene un sistema decisorio determinado; no obstante, el conocimiento de nuestros hábitos operativos puede ayudarnos en la anticipación de situaciones límite. En la motricidad influyen de forma decisiva la coordinación de movimientos y la rapidez con que se realizan (tiempo de reacción).

— Cuando existe buena coordinación de movimientos anatómicos, principalmente de brazos y piernas, las maniobras se realizan de forma satisfactoria (cambiar de marcha y frenar simultáneamente, girar el volante cuando se da el intermitente, etc.).

— Al tiempo que tarda en reaccionar una persona ante un estímulo externo se denomina «tiempo de reacción». Este tiempo suele ser de un segundo en conductores no influenciados por la fatiga, el sueño, el alcohol, etc., pero si el conductor está alertado e identifica una situación de riesgo, el tiempo de reacción puede disminuir.

- **Edad**

Con el paso de los años, las personas experimentan cambios y alteraciones físicas que influyen en la conducción. Estas alteraciones se aprecian fundamentalmente en la vista, el oído y la motricidad.

— **Vista**

Pueden existir dificultades para adaptarse a condiciones de luminosidad variable (deslumbramientos, amanecer, atardecer, etc.).

A partir de los 50 años, la agudeza visual disminuye; suele haber dificultad para ver objetos cercanos y aumenta el tiempo de recuperación al deslumbramiento. Debido a esta

pérdida progresiva de visión, se aconseja realizar reconocimientos médicos con regularidad para adoptar las medidas correctoras necesarias.

Luminosidad reducida.

— **Oído**

Los primeros síntomas de sordera pueden aparecer a partir de los 50 años, sobre todo en tonos agudos. Los principales problemas de la conducción derivados de esta deficiencia son la dificultad para determinar la procedencia de los sonidos y, por tanto, el aumento del tiempo de interpretación de la información.

— **Motricidad**

La disminución de la coordinación de movimientos ocurre más tarde de lo que comúnmente se cree, ya que, aunque los movimientos se efectúan más lentos, suelen realizarse con bastante precisión.

### b) Condicionamientos externos que influyen en el conductor

Existen diversos condicionantes que influirán en la conducción, como el alcohol, la ingesta de fármacos, de cafeína o de determinados alimentos, así como el estado de ánimo (influido por la fatiga, la somnolencia o el estrés, por ejemplo).

- **Alcohol**

El alcohol, incluso ingerido en pequeñas cantidades, influye negativamente en las capacidades y aptitudes del ser humano y, por supuesto, en la conducción. El alcohol se halla presente en gran número de accidentes.

El grado de alcoholemia en la sangre depende del peso de la persona, de la rapidez con que se ingiera el alcohol y de si se ha tomado algún alimento.

El consumo de alcohol puede afectar a la visión.

El alcohol se elimina a razón de 0,0024 gramos por minuto, en consumidores no habituales, incrementándose hasta 0,0028 en consumidores habituales.

| Tasas de alcohol permitidas* | | |
|---|---|---|
| **Permisos** | Tasa en sangre | Tasa en aire espirado |
| **A1, A y B** | 0,5 g/l | 0,25 mg/l |
| **Demás permisos** | 0,3 g/l | 0,15 mg/l |
| **Noveles (2 primeros años)** | 0,3 g/l | 0,15 mg/l |

* Fuente: DGT.

| Tasa de alcoholemia según dosis ingerida (datos aproximados) | | |
|---|---|---|
| **Hombre de 70 kg** | **0,3 g/l en sangre** | **0,5 g/l en sangre** |
| Cerveza | 1 lata (de 33 cl) | 2 latas |
| Vino | 1,5 vasos (de 100 ml) | 2,5 vasos |
| Whisky | 1 vaso (de 45 ml) | 2 vasos |
| **Mujer de 60 kg** | **0,3 g/l en sangre** | **0,5 g/l en sangre** |
| Cerveza | 0,5-1 lata (de 33 cl) | 2 latas |
| Vino | 1 vaso (de 100 ml) | 2,5 vasos |
| Whisky | 0,5-1 vaso (de 45 ml) | 2 vasos |

Existe más peligro de accidente grave con un grado intermedio de alcoholemia, es decir, cuando el conductor se encuentra eufórico, que cuando está totalmente ebrio, ya que en este último estado suele colisionar rápidamente sin llegar a conducir a elevada velocidad. No obstante, el principal problema del alcohol es la facilidad con que se adquiere el hábito de ingerirlo y, sobre todo, los distintos factores socioculturales que animan a su consumo.

Desde un pequeño grado de alcoholemia, el individuo sufre trastornos que merman la capacidad habitual para

conducir. Estos cambios ocasionados en el conductor suelen afectar a la visión y al comportamiento.

El grado de alcoholemia depende, entre otros factores, del peso de la persona y de si ha consumido alimentos anteriormente.

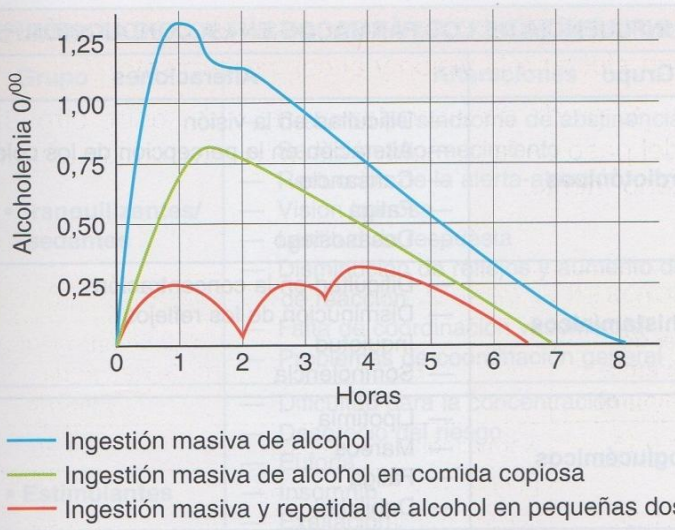
| EFECTOS EN EL CONDUCTOR SEGÚN EL ÍNDICE DE ALCOHOL | | |
|---|---|---|
| **Índice de alcoholemia (mg/l sangre)** | **Efectos** | **Coeficiente multiplicador de riesgo de accidente mortal** |
| 0,01 a 0,15 | Normalmente sin efectos. | 1,20 |
| 0,16 a 0,20 | El 20% de los conductores acusan disminución de reflejos. | 1,45 |
| 0,21 a 0,30 | Todos los individuos presentan algunas perturbaciones en su electroencefalograma. Incorrecta apreciación de distancias y velocidades. | 1,75 |
| 0,31 a 0,50 | Sin efectos apararentes todavía, pero ligera euforia y defectos de visión. | 2,53 |
| 0,51 a 0,80 | Pocos efectos aparentes. Euforia sensible, aumento del tiempo de reacción y perturbación de las reacciones motrices. | 4,42 |
| 0,81 a 0,90 | Ligera embriaguez. Perturbación general del comportamiento. Conducción claramente peligrosa. | 16,21 |
| A partir de 1,5 | Embriaguez manifiesta (para una alcoholemia de 2,0, el coeficiente multiplicador de riesgo de accidente mortal es ya de 60). | |
| A partir de 3 | Imposibilidad física de conducir. | |
| A partir de 5 | Coma etílico. | |

Entre las alteraciones producidas por la ingesta de alcohol existen:

— **Trastornos en la visión**

Los condicionamientos externos conllevarían las siguientes consecuencias en la visión:

- Estimación falsa de la distancia, ya que una concentración de alcohol de 0,12 mg por litro de sangre reduce de noche un 20% la apreciación de la distancia a la que se sitúa un obstáculo.




Gráfica orientativa del alcohol en función del tiempo transcurrido.

- Relajación del ojo, disminuyendo el control de los pequeños músculos que lo mueven y centran y ocasionando en la retina imágenes difusas e interferencias en las sensaciones del cerebro.
- Doble visión. Es el efecto más generalizado, debido a la imposibilidad de centrar la mirada sobre un mismo punto.
- Disminución del contenido de oxígeno en la sangre, que resta eficacia a las células oculares (conos y bastones) y, consecuentemente, dificulta la transmisión del color y la visión nocturna.

— **Trastornos en el comportamiento**

Un conductor con exceso de alcohol en su organismo sobrevalora sus posibilidades, hecho que le lleva a ejecutar maniobras arriesgadas y a aumentar la aceptación del riesgo. A todo esto hay que sumarle la somnolencia que ocasiona el alcohol, que contribuye, de igual forma, a incrementar el riesgo de accidente.

- **Fármacos**

Numerosas investigaciones concluyen que más de un 50% de los accidentes están desencadenados directa o indirectamente por el consumo de alcohol, otras drogas y/o por la utilización incorrecta de determinados medicamentos por parte de los conductores. Mientras que la incidencia del alcohol y las drogas en la conducción es suficientemente percibida, la influencia de los fármacos no se conoce tanto.

En el siguiente cuadro se relacionan los grupos de fármacos que inciden en el comportamiento del conductor y se indican las alteraciones negativas que cada uno de ellos ocasiona en el automovilista.

| INFLUENCIA DE LOS FÁRMACOS EN LA CONDUCCIÓN | |
|---|---|
| **Grupo** | **Alteraciones** |
| **Cardiotónicos** | — Dificultad en la visión<br>— Alteración en la percepción de los colores<br>— Cansancio<br>— Fatiga<br>— Desasosiego |
| **Antihistamínicos** | — Dificultad en la concentración<br>— Disminución de los reflejos<br>— Inquietud<br>— Somnolencia |
| **Hipoglucémicos** | — Lipotimia<br>— Mareos<br>— Fatiga<br>— Debilidad |
| **Analgésicos** | — Disminución de la agudeza visual<br>— Visión borrosa<br>— Aumento de la sensibilidad al deslumbramiento<br>— Euforia-Disforia<br>— Somnolencia<br>— Despersonalización |
| **Espasmolíticos** | — Visión borrosa<br>— Palpitaciones<br>— Estado confusional<br>— Hipotensión postural |
| **Anestésicos** | — Alteración de la visión<br>— Disminución muscular<br>— Automatismo muscular<br>— Somnolencia |
| **Antihipertensivos** | — Visión borrosa<br>— Calambres musculares<br>— Alteración del equilibrio<br>— Astenia<br>— Vértigos<br>— Embotamientos<br>— Somnolencia<br>— Hipertensión postural, pudiendo llegar a la lipotimia |
| **Anticonvulsionantes** | — Visión borrosa<br>— Alteración de la capacidad autocrítica<br>— Incapacidad para la concentración<br>— Incorporación motora<br>— Somnolencia<br>— Fatiga<br>— Vértigos<br>— Ansiedad |
| **Relajantes musculares** | — Fatiga<br>— Mareos<br>— Somnolencia<br>— Disminución del tono muscular |
| **Anticonceptivos hormonales** | — Confusión<br>— Nerviosismo<br>— Depresión<br>— Labilidad afectiva (cambios de humor) |

| INFLUENCIA DE LOS FÁRMACOS EN LA CONDUCCIÓN (cont.) | | |
|---|---|---|
| **Grupo** | | **Alteraciones** |
| Psicofármacos | • **Tranquilizantes/ sedantes** | — Creación de síndrome de abstinencia<br>— Sedación-adormecimiento<br>— Reducción de la alerta-atención<br>— Visión borrosa<br>— Lentitud de respuesta<br>— Disminución de reflejos y aumento del tiempo de reacción<br>— Falta de coordinación vasomotora<br>— Problemas de coordinación general |
| | • **Estimulantes** | — Dificultad para la concentración<br>— Desprecio del riesgo<br>— Euforia<br>— Insomnio<br>— Exaltación<br>— Conducción agresiva<br>— Inquietud motriz |

- **Cafeína**

La cafeína se encuadra en la clasificación de los estimulantes psíquicos o psicomotores. Se encuentra en estado natural en el café, té, cacao, mate, cola y otras bebidas exóticas, como guaraní y yoco. Su consumo produce alteraciones en el sistema nervioso central, afectando por tanto a la conducción.

La absorción de la cafeína se realiza fácilmente; si bien, se asimila de forma más lenta en presencia de alimentos, alcanzándose las máximas concentraciones en una hora.

La cafeína es capaz de producir cierta dependencia, que, sin llegar a ser adicción, se caracteriza por el hábito y deseo de ingerirla; su supresión puede llegar a ocasionar pequeños trastornos, como cefaleas y mareos.

En general, se puede afirmar que esta sustancia disminuye la fatiga y aumenta la capacidad de trabajo, ya que estimula el sistema nervioso central. El consumo habitual de cafeína debe estar en proporción de 3 mg/kg/día.

La acción que ejerce sobre el organismo humano depende de la dosis:

— Dosis habitual: 100-150 mg al día (dos o tres tazas de café).

Mantiene el estado de vigilancia, incrementa la atención y los reflejos y alivia la fatiga, actuando positivamente en la conducción de un vehículo.

— Dosis alta: cinco o más tazas de café.

Disminuye la tensión arterial, produce insomnio y manifestaciones nerviosas e incrementa el ritmo

cardíaco, pudiendo ocasionar lesiones de carácter circulatorio (extrasístole ventricular).

Tomada en tales dosis, puede ser motivo de accidentes de circulación por la agresividad que provoca en el conductor.

En resumen, la cafeína produce los siguientes efectos en el conductor:

- Efectos positivos (dosis bajas):
  - Disminuye la somnolencia y la fatiga al volante.
  - Mejora la percepción en la carretera.
  - Favorece la asociación de ideas, facilitando la detección de obstáculos o contratiempos en la vía.
- Efectos negativos (dosis altas):
  - Incrementa la agresividad, irritabilidad e inquietud.
  - Retrasa el metabolismo del alcohol.
  - Existe una bajada brusca, repentina, de la atención y concentración.

- **Alimentación**

Conducir requiere atención, rapidez de respuesta y coordinación de movimientos semejantes a los que exige una actividad física o mental de tipo medio. Por ello, hay que evitar situaciones de somnolencia, pesadez y malestar, muy frecuentes cuando se realiza una comida inadecuada.

La conducción no impone demandas nutritivas especiales; no obstante, debe primar el carácter estimulante sobre el energético y una dieta enriquecida en vitamina A, para potenciar la percepción visual. Deben realizarse comidas ligeras, ya que una alimentación copiosa puede reducir el nivel de atención.

Una alimentación inadecuada trae consigo los siguientes efectos negativos:

— Disminuye la concentración y la atención.

— Contribuye a la somnolencia cuando se ha ingerido en exceso, y a la irritabilidad o a la distracción, en su defecto.

— Incrementa el tiempo de respuesta.

— Potencia el riesgo de accidente.

- **Fatiga**

La fatiga es un estado psicofísico que produce una disminución de las facultades sensoriales y motoras. Normalmente, está asociada a una actividad prolongada y monótona, y tiene efectos negativos sobre la calidad y precisión de las maniobras realizadas en la conducción.

Entre las alteraciones producidas por la fatiga destacan:

— **Cambios fisiológicos transitorios**

La fatiga se manifiesta por la aparición de cambios de postura, continuos movimientos, parpadeo constante, sensación de pesadez de cabeza, cefaleas, etc.

— **Deterioros en la actividad útil**

Disminución de la eficacia en la ejecución de maniobras, menor número de correcciones en la dirección, aumento del tiempo de reacción e, incluso, aparición de somnolencia.

— **Actitudes agresivas hacia los demás conductores**

Estas alteraciones aumentan a medida que el conductor se aproxima al destino y contribuyen a una aceptación mayor del riesgo.

La conducción en condiciones difíciles causa fatiga.

**La fatiga puede ser motivada por:**

- **Factores del entorno**
  - — Firme defectuoso.
  - — Elevada densidad de tráfico.
  - — Obras en la carretera.
  - — Carretera monótona.
  - — Cambios de luz en el atardecer o amanecer.
  - — Mala visibilidad (lluvia, niebla o nieve).

- **Factores relacionados con el vehículo**
  - — Ruidos del vehículo o de la carga (motor, guarnecidos, etc.).
  - — Diseño deficiente en mandos y asientos.
  - — Problemas en la dirección o suspensión.
  - — Exceso de calefacción o ventilación defectuosa.
  - — Iluminación deficiente.
  - — Ambiente interior viciado (humo de cigarrillos, etc.).

- **Factores relacionados con el propio conductor**
  - — Períodos de conducción prolongados.
  - — Períodos largos de alerta.
  - — Mala colocación del asiento (postura inadecuada).
  - — Velocidad excesiva.
  - — Conducir con hambre o sueño.
  - — Ingerir alcohol.
  - — Realizar comidas copiosas.

- **Sueño**

  El descanso es imprescindible para ejecutar de forma adecuada cualquier actividad, más aún la de conducir.

  Existen determinados condicionantes que propician la aparición del sueño:

  - — Edad. Las personas de edad avanzada tienen menos necesidad de dormir, pero también menor control del sueño que los jóvenes.

En carreteras sinuosas, el sueño suele aparecer con menos frecuencia.

— Trastornos crónicos o psicofísicos transitorios. Pueden llegar a ocasionar insomnio, por ejemplo, por cambio de trabajo, períodos de tensión, depresiones, etc.

— Tipo de vía. Si es recta y monótona favorece la disminución de la atención y facilita la aparición del sueño.

— Consumo de fármacos y otras sustancias. El sueño aparece repentinamente, sin que el conductor haya notado su presencia. Algunos estimulantes utilizados para mantenerse activos y despiertos pueden ocasionar un efecto rebote que hace que, sobrepasada su acción, el sueño sobrevenga con mayor intensidad. El alcohol y la leche acentúan el sueño.

— Variables ambientales. La falta de aireación y oxigenación adecuada, potenciada por la entrada de gases del motor, humo de cigarrillos y calor, provoca sueño.

— Fatiga. La fatiga potencia el sueño y viceversa.

La aparición del sueño puede manifestarse en el conductor de diversas maneras:

— Cuando se está adormecido, se produce una relajación de los músculos y los mensajes neuronales no llegan a los músculos de la misma manera que cuando se está despierto.

— Aparecen microsueños durante un brevísimo lapso de tiempo, en el que se pierde la consciencia respecto a la carretera, señales, etc.

— Pérdida del control de vehículo y de la concentración.

— Disminuye la capacidad receptiva de los sentidos, en especial de la vista (visión borrosa y dificultad para enfocar).

— Tienen lugar alteraciones en la percepción, ya que se captan peor o de manera incorrecta las señales, luces, etc. y, en especial, se alteran los conceptos de profundidad y tiempo.

— Se altera el comportamiento, aumentando el número de errores en la ejecución de maniobras, incrementándose la tensión, la agresividad y la temeridad.

— Después de 30 ó 40 horas sin dormir, el sujeto necesita un tiempo tres veces mayor para reaccionar ante una señal de peligro.

- **Estrés**

El estrés se define como un estado psicobiológico de la persona, que se produce cuando el individuo se somete a una sobreexigencia física o psíquica. Lógicamente, influye en la conducción, puesto que altera el estado emocional.

Se sabe que el estrés produce muchos accidentes de tráfico, pero sus efectos varían notablemente, así como las causas que lo producen y su tolerancia, según sea la persona que lo padece.

Existen determinados agentes generadores de estrés:

— Ritmo de vida acelerado.
— Planteamiento de metas excesivamente elevadas.
— Sobrecarga de trabajo, sobre todo si es de precisión, con el consiguiente agobio de tiempo.
— Problemas de inseguridad o de frustración profesional.
— Desequilibrio entre las demandas del entorno social, laboral, familiar, etc. y la capacidad del sujeto para satisfacerlas.
— Excesiva estimulación ambiental.
— Cambios reiterados personales o profesionales a los que obliga el estilo de vida actual.
— Ambiente excesivamente competitivo.
— Ruidos ambientales.
— Contaminación atmosférica.
— Aglomeraciones y congestión de tráfico.
— Deslumbramientos.
— Despersonalización y anonimato.

Cuando un individuo se ve sometido al estrés, su organismo reacciona para defenderse de la situación, y lo hace en tres fases: alarma, resistencia y agotamiento.

### 1.ª Fase de alarma

El organismo se encuentra en una fase de alerta y reacción, acompañada de:

— Agresividad, comportamientos competitivos.
— Impaciencia (elevadas velocidades).
— Predisposición a realizar una conducción temeraria y mayor aceptación de situaciones de peligro.

### 2.ª Fase de resistencia

El estrés continúa y el organismo aumenta sus defensas hasta la tercera fase.

### 3.ª Fase de agotamiento

Debido al esfuerzo realizado y al hecho de mantener una resistencia continua, sobreviene el agotamiento y el cansancio, observándose en la conducción:

— Aumento del tiempo de reacción.
— Disminución de la concentración y aumento de la fatiga.
— Disminución de la habilidad para realizar funciones.
— Aparición de depresiones.

En ocasiones, existen estrés postraumáticos que tienen origen en traumas pasados (desavenencias familiares, pérdida de un ser querido, desastres naturales, etc.), que crean en el conductor desajustes orgánicos o de conducta, etc.

## 2.2.3. Fases del accidente

Un accidente tiene que analizarse como un hecho aislado y único, en el que cada uno de los conductores que participa tiene sensaciones y percepciones distintas del mismo. Esta cadena de sucesos viene definida por las fases por las que atraviesa. En orden cronológico, son las siguientes:

1.ª Fase de percepción.
2.ª Fase de decisión.
3.ª Fase de conflicto.

### 2.2.3.1. Fase de percepción

Percibir es conocer la existencia de una cosa por los sentidos. Dentro de la fase de percepción de un conductor, existen dos puntos bien diferenciados.

- **Punto de percepción posible**

  Es aquel punto donde un observador de a pie tendría visible el elemento o circunstancia que genera el peligro en la carretera. Este punto es teórico, dado que en un conductor que circula con su vehículo a una determinada velocidad, el punto coincidiría con el del observador de a pie, pero la percepción no se produce en ambos casos en el mismo lugar, debido a que hay un período de tiempo en el cual el conductor tiene que asimilar ese estímulo sensorial. Este período de tiempo, unido a la velocidad a la que circula, retrasa la percepción de dicho conductor, no en el tiempo, sino en el espacio.

  Como ejemplo ilustrativo, imaginemos una carretera donde exista un puente que atraviesa un río; este puente, debido a un incremento brusco de caudal, ha sido destruido, cortando la carretera. Con anterioridad, en ambos sentidos, hay dos cambios de rasante, a una distancia de 300 metros.

  Por esta carretera circula un peatón que, al llegar a la cima del cambio de rasante, percibirá una situación extraña en la carretera y, a medida que recorre la distancia que le separa desde la cresta del cambio de rasante, irá valorando lo ocurrido con el puente. Ahora bien, si en vez de un peatón, el que circula por la carretera es un vehículo, al llegar a la cima del cambio de rasante, el conductor teóricamente tendría que percibir la situación extraña del puente en la cima del cambio de rasante, adoptando a partir de este punto las medidas

necesarias y, de forma progresiva, detener el vehículo para no caer al río.

Para el conductor del coche el punto de percepción posible se encontrará en la cima del cambio de rasante, aunque, debido a la velocidad de su vehículo, existe un espacio que recorrerá mientras asimila esa situación de riesgo.

- **Punto de percepción real**

Se define como el punto donde el conductor valora y procesa el peligro real que existe en la carretera, decidiendo la maniobra que va a realizar para evitar el accidente.

El peligro genera en el conductor una reacción de alerta.

Teniendo en cuenta el ejemplo anterior, el punto de percepción real se encontraría donde el conductor del vehículo percibe y valora la situación de riesgo que implica la desaparición del puente.

El punto de percepción posible puede coincidir con su punto de percepción real, siempre y cuando el conductor de este vehículo esté perfectamente centrado y atento a todas las circunstancias que concurren en la conducción.

Si el punto de percepción real se localiza ligeramente desfasado del punto de percepción posible, esta diferencia arrojaría el grado de atención de ese conductor. Cuanto mayor sea esta diferencia entre los dos puntos, menor será el grado de atención y viceversa.

Una vez que el conductor percibe y valora el peligro real en la carretera, transcurre un período de tiempo en el cual tiene

que tomar una decisión, bien detener el vehículo, bien realizar una maniobra evasiva.

Desde que ese conductor percibe la situación de peligro hasta que toma la decisión de la maniobra a realizar, transcurre un período de tiempo denominado «de reacción», que será mayor o menor en función de las características de cada persona. La edad, la experiencia, el conocimiento del vehículo, las horas de conducción, la fatiga, la hora del día y el estado físico-psíquico del conductor son algunos de los factores que influyen en ello.

### 2.2.3.2. Fase de decisión

Tras la percepción real del conductor, se entra en la fase de decisión, en la cual el individuo reacciona ante el estímulo anterior. En esta fase es donde comienza a actuar el conductor, definiéndose el punto de decisión como aquél en el cual comienza la maniobra evasiva.

Dentro de la fase de decisión, destacan dos tipos de maniobras de evasión, simples o complejas.

- **Maniobra evasiva simple**

  Es aquella que no implica un alto riesgo para el conductor. Puede ser pasiva o activa:

  — **Maniobra evasiva simple pasiva**

  Con esta maniobra se pretende llamar la atención del conductor o del peatón contrario mediante diversas acciones, como tocar el claxon, dar ráfagas de luz, etc.

  — **Maniobra evasiva simple activa**

  El conductor que realiza esta maniobra disminuye o evita las posibles consecuencias que, de no reaccionar, se producirían. Éstas pueden ser: reducir la velocidad, detener el vehículo, aumentar la velocidad, realizar un giro, etc.

- **Maniobra evasiva compleja**

  Esta maniobra evasiva se realiza con clara intención de evitar y/o disminuir la gravedad del accidente y puede ser una combinación de varias de las anteriores.

  Deben mencionarse las siguientes:

  — Frenada intensa y giro

  — Disminución de la velocidad y del giro.

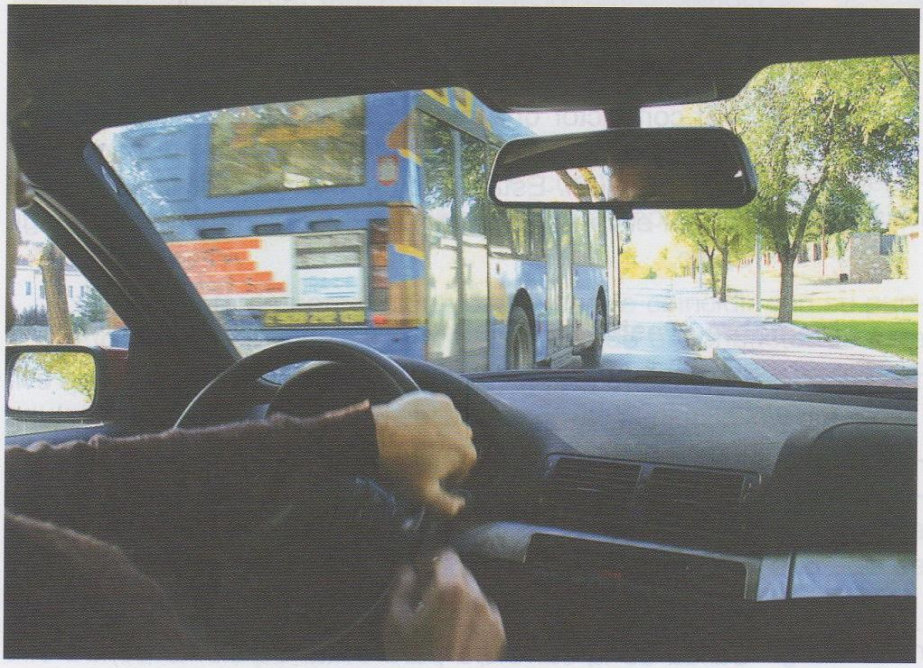
  — Salida de la carretera para evitar colisionar contra otro vehículo.

Maniobra evasiva compleja: frenada intensa y giro.

### 2.2.3.3. Fase de conflicto

Es en esta fase donde se produce el accidente, cabe distinguir los siguientes puntos:

- Punto de conflicto: es aquél donde se produce el accidente. Corresponde al momento en el que el vehículo o los vehículos entran en contacto.

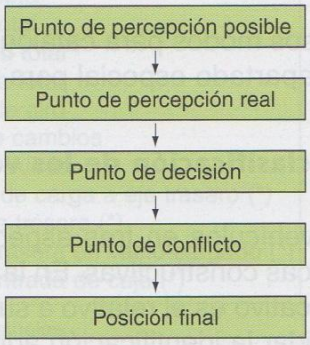


Salida de la vía para evitar colisionar contra otro vehículo.

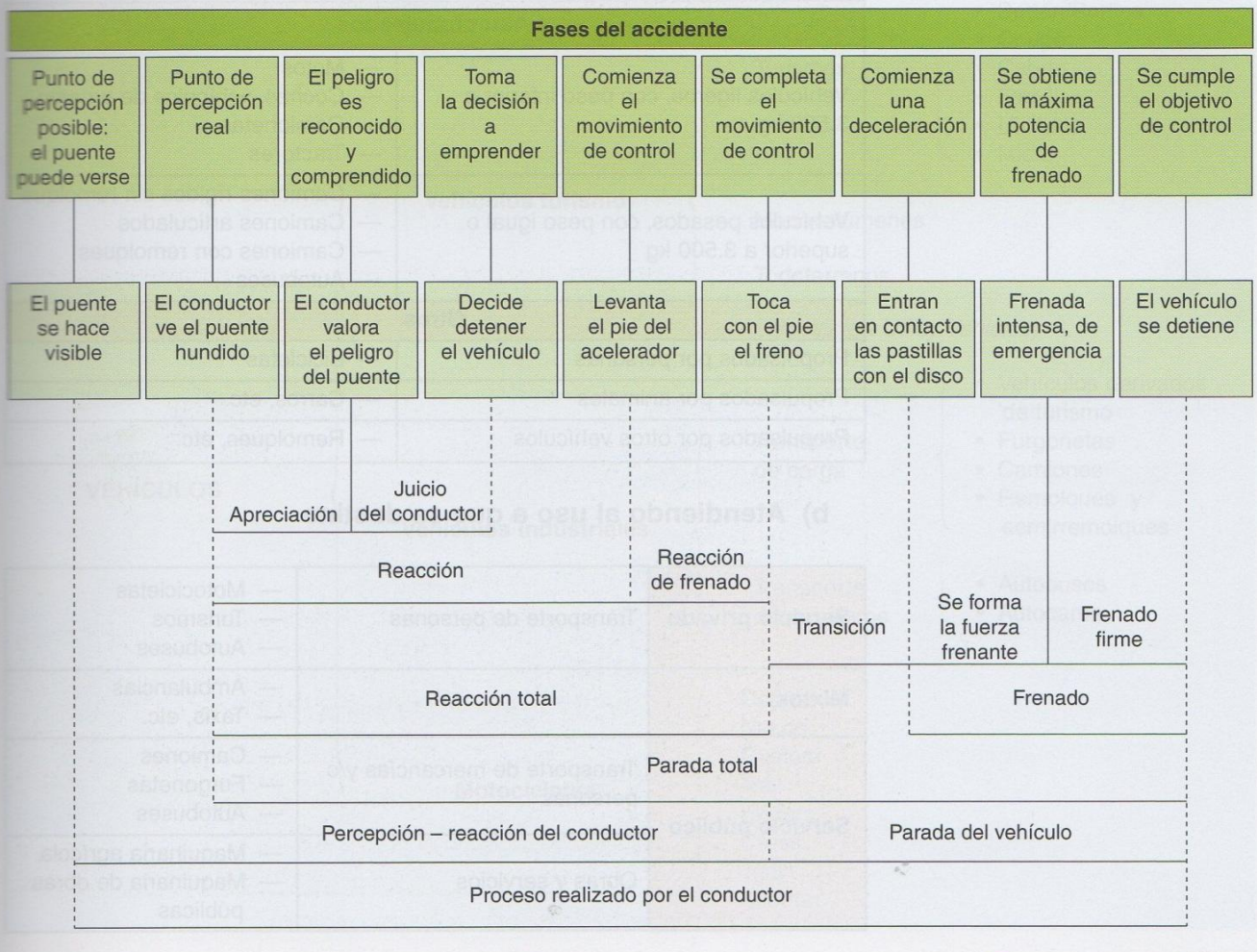
A partir de este momento, los vehículos derivan hacia la posición final.

- Posición final: se define como la posición de reposo en la que quedan los vehículos implicados después de colisionar.

Estos dos puntos se encuentran localizados dentro del área de conflicto, que es la zona o área que abarca desde que los vehículos entran en contacto hasta que se detienen en su posición final.




## Proceso posible en la ocurrencia de un accidente



# 2.3. El vehículo

El vehículo es un factor esencial en la reconstrucción del accidente de tráfico; por tanto, será necesario identificar el tipo de vehículo, además de describir el estado de sus elementos.

## 2.3.1. Identificación del vehículo

Se distinguen diversos modos para catalogar los tipos de medios de transporte, con un apartado especial para vehículos pesados.

### 2.3.1.1. Modos de clasificación de los vehículos

Se diferencian los vehículos en tres aspectos: forma de propulsión, uso y características constructivas. En la reconstrucción de accidentes, el más significativo es el relativo a su construcción; no obstante, no se puede olvidar la identificación administrativa.

**a) Atendiendo a sus formas de propulsión (según el Ministerio de Fomento)**

| **Autopropulsados** | |
|---|---|
| Vehículos ligeros, con peso inferior a 3.500 kg | — Motos<br>— Coches, vehículos de turismo<br>— Camionetas<br>— Tractores |
| Vehículos pesados, con peso igual o superior a 3.500 kg | — Camiones rígidos sin remolque<br>— Camiones articulados<br>— Camiones con remolques<br>— Autobuses |
| **Otros** | |
| Propulsados por personas | — Bicicletas |
| Propulsados por animales | — Carros, etc. |
| Propulsados por otros vehículos | — Remolques, etc. |

**b) Atendiendo al uso a que se destine**

| | | |
|---|---|---|
| **Servicio privado** | Transporte de personas | — Motocicletas<br>— Turismos<br>— Autobuses |
| **Mixtos** | | — Ambulancias<br>— Taxis, etc. |
| **Servicio público** | Transporte de mercancías y/o personas | — Camiones<br>— Furgonetas<br>— Autobuses |
| | Obras y servicios | — Maquinaria agrícola<br>— Maquinaria de obras públicas |

### c) Atendiendo a sus características constructivas

| | | |
|---|---|---|
| **De fabricación** | Marca<br>Modelo<br>N.º de bastidor<br>Matrícula<br>Color<br>N.º de ejes | |
| **Dimensiones y otros** | Distancia entre ejes<br>Vía delantera<br>Vía trasera<br>Altura total<br>Longitud total<br>Anchura total<br>Radio de giro<br>Caja de cambios<br>Tipo de ruedas<br>Centro de carga a eje trasero (*)<br>Saliente trasero (*)<br>Altura trasera en vacío-cargado (*)<br>Eje a entrada de caja (*) | Peso<br>Carga máxima<br>N.º plazas<br>Aceleración 0-100 km/h<br>Velocidad máxima<br>Potencia<br>Frenada<br>Sonoridad<br>Distancia mínima al suelo<br>Altura en vacío<br>Saliente delantero |

(*) Aplicable a vehículos industriales.

Vehículos de servicio público.

## CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

**VEHÍCULOS**

- **Vehículos turismo**
  - Turismos
    - Sedán/Berlina
    - Coupé
    - Cabrio
    - Familiar
    - Utilitario
    - Micro
  - Monovolúmenes
  - Todoterrenos
  - SUV *(Sport Utility Vehicles)*
- **Vehículos industriales**
  - Transporte de carga
    - Vehículos derivados de turismo
    - Furgonetas
    - Camiones
    - Remolques y semirremolques
  - Transporte de pasajeros
    - Autobuses
    - Autocares
- **Motocicletas**
  - Deportiva
  - Naked
  - Custom
  - Trail
  - Enduro
  - Cross
  - Trial
  - Scooter

### d) Identificación administrativa

La clasificación que se ofrece a continuación está tomada de la normativa europea referida al equipo de frenos que incorporan los vehículos.

#### CLASE L

Vehículos de menos de 4 ruedas, motocicletas, triciclos.

| Graduación | Tipos de construcción | Cilindrada | Velocidad máxima |
|---|---|---|---|
| $L_1$ | De dos ruedas | ≤ 50 $cm^3$ | ≤ 45 km/h |
| $L_2$ | De tres ruedas | ≤ 50 $cm^3$ | ≤ 45 km/h |
| $L_3$ | De dos ruedas | > 50 $cm^3$ | > 45 km/h |
| $L_4$ | De tres ruedas, asimétrico con respecto al eje longitudinal del vehículo | > 50 $cm^3$ | > 45 km/h |
| $L_5$ | Triciclo simétrico con respecto al eje longitudinal del vehículo y con peso total ≤ 1 t | > 50 $cm^3$ | > 45 km/h |

#### CLASE M

Vehículos destinados al transporte de personas con un mínimo de 4 ruedas, o con 3 ruedas y un peso total > 1 t.

| Graduación | Tipos de construcción | Conductor y plazas de asiento | Peso total |
|---|---|---|---|
| $M_1$ | | ≤ 9 | < 3,5 t |
| $M_1$ (a) | 3 ó 5 puertas | Asientos que se pueden abatir para transporte de mercancías | < 3,5 t |
| $M_1$ (b) | Principalmente, transporte de mercancías. Caravanas | > 4 | < 3,5 t |
| $M_2$ | Microbuses | > 9 | < 5 t |
| $M_3$ | Autobuses | > 9 | > 5 t |

#### CLASE N

Destinados al transporte de mercancías, por lo menos con 4 ruedas o con 3 ruedas y un peso total > 1 t.

| Graduación | Peso total |
|---|---|
| $N_1$ | ≤ 3,5 t |
| $N_2$ | 3,5 t < peso total ≤ 12 t |
| $N_3$ | > 12 t |

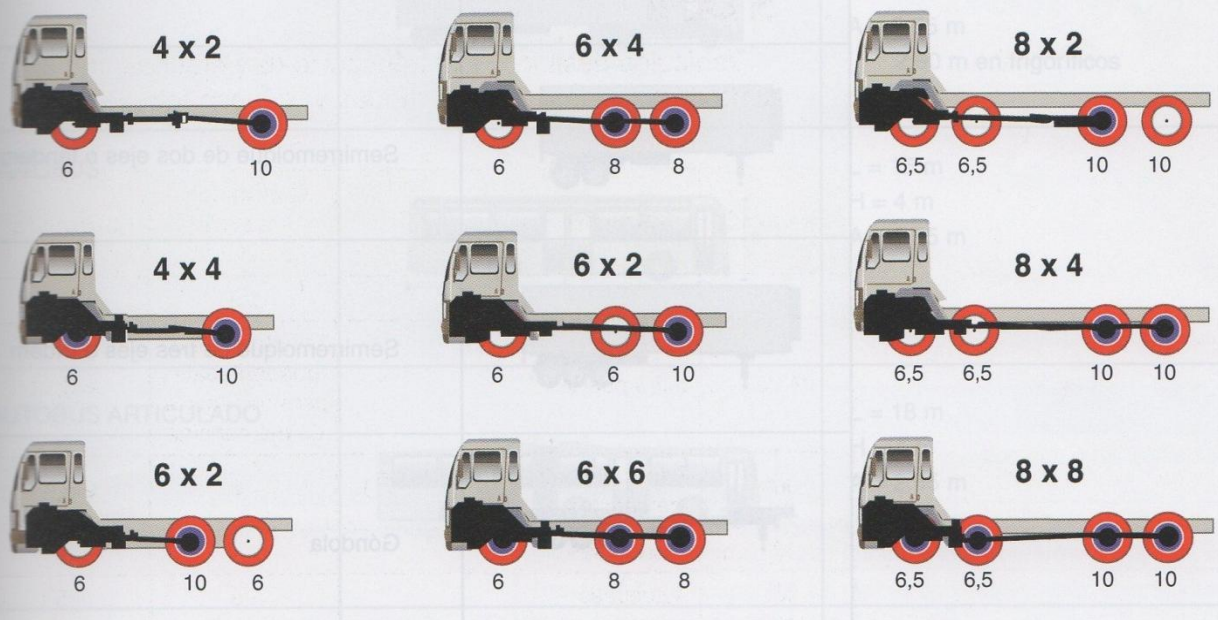
**CLASE O**

Remolques y semirremolques.

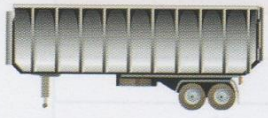
| Graduación | Peso total |
|---|---|
| $O_1$ sólo remolques de un eje | ≤ 0,75 t |
| $O_2$ | ≤ 3,5 t |
| $O_3$ | > 3,5 t ≤ 10 t |
| $O_4$ | > 10 t |

### 2.3.1.2. Vehículos pesados

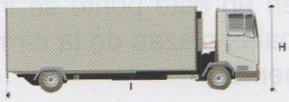
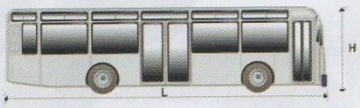
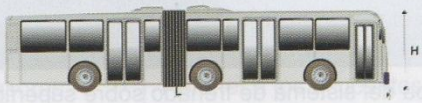
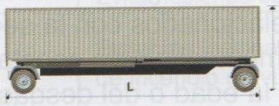
En la figura siguiente está representada la forma de denominación más común de los vehículos rígidos. El primer número representa el número de ejes (x 2) y el segundo el número de ruedas con tracción.




Pesos aproximados por eje.

| CONFIGURACIÓN DE LOS VEHÍCULOS INDUSTRIALES DE TRANSPORTES DE MERCANCÍAS | |
|---|---|
| | Camión rígido |
| | Vehículo articulado |
| | Tren de carretera |
| | Semirremolque de un eje |
| | Semirremolque de dos ejes o tándem |
| | Semirremolque de tres ejes o trídem |
| | Góndola |
| | Plataforma |
|  | Bañera |

Según establece el Reglamento General de Vehículos, aprobado por el RD 2822/1998, de 23 de diciembre, las dimensiones máximas autorizadas para vehículos son las siguientes:

| CAMIONES | | |
|---|---|---|
| CAMIÓN RÍGIDO |  | L = 12 m<br>H = 4 m<br>A = 2,55 m<br>2,60 m en frigoríficos |
| TREN DE CARRETERA | | L = 18,75 m (portacoches)<br>Cargado, 20,55 m<br>H = 4 m<br>A = 2,55 m<br>2,60 m en frigoríficos |
| VEHÍCULO ARTICULADO | | L = 16,50 m<br>H = 4 m<br>A = 2,55 m<br>2,60 m en frigoríficos |
| AUTOBÚS |  | L = 15 m<br>H = 4 m<br>A = 2,55 m |
| AUTOBÚS ARTICULADO |  | L = 18 m<br>H = 4 m<br>A = 2,55 m |
| REMOLQUE |  | L = 12 m<br>H = 4 m<br>A = 2,55 m<br>2,60 m en frigoríficos |

L = Longitud
H = Altura
A = Anchura

## 2.3.2. Descripción de los elementos del vehículo

Una vez identificado el tipo de vehículo, se exponen aquellos elementos de los que consta y que hayan podido tener influencia en el accidente, porque su objetivo sea evitar el accidente (elementos de seguridad activa) o disminuir las lesiones de los ocupantes o de terceras personas (elementos de seguridad pasiva).

También en este punto se incluye una descripción detallada de las principales piezas de la carrocería, con el fin de que se definan correctamente.

### a) Elementos de seguridad activa

Se entiende por elementos de seguridad activa de un vehículo todos aquellos encaminados a evitar que se produzca el accidente.

Prueba del sistema de frenado sobre superficie deslizante.

El cuadro que sigue muestra la función de ciertos elementos del vehículo relacionados con la seguridad activa que requieren una vigilancia y mantenimiento constante, con inspecciones periódicas en función de la edad o del desgaste del vehículo. Su mal estado o deficiente conservación puede radicar en la base del accidente.

| Función | Elementos de seguridad activa | Objetivo |
|---|---|---|
| **Visibilidad** | Luces<br>Faros de xenón<br>Limpiaparabrisas<br>Disposición de la carga<br>Espejos<br>Sistema de iluminación activa | Ver y ser vistos |
| **Estabilidad** | Neumáticos<br>Control de la presión de los neumáticos<br>Dirección<br>Frenos<br>Suspensión<br>Tracción y control de estabilidad<br>Colocación de la carga<br>Diseño del vehículo<br>Sistema antibloqueo de frenos y asistente a la frenada de emergencia<br>Distribuidor electrónico de frenada | Dominar el vehículo, evitando las contingencias de la vía |
| **Aceleración y deceleración** | Adherencia de los neumáticos<br>Motor, transmisión, potencia y aceleración<br>Peso<br>Tipos y sistemas de frenos<br>Control de tracción | Manejo, rapidez del vehículo |
| **Confort** | Estado de los asientos<br>Comportamiento del conductor<br>Ayudas en la conducción<br>Climatizador<br>Dirección asistida | Evitar la fatiga y el cansancio |

### b) Elementos de seguridad pasiva

Los elementos de seguridad pasiva tienen la misión de evitar o reducir las lesiones de ocupantes o terceros, una vez ocurrido el accidente. No requieren un mantenimiento especial para su conservación, pero sí cuidado en su reposición.

| Elementos de seguridad pasiva | Objetivo |
|---|---|
| — Carrocería. Refuerzos en puertas, techos laterales, etc. | Proteger a los ocupantes en la posible colisión con otros vehículos o partes de la vía. |
| — Cinturones de seguridad y pretensores | Retener a los ocupantes para evitar que se dañen con las partes interiores del vehículo o que dañen a otros viajeros. |
| — Airbag | Proteger a los ocupantes de golpes con salpicadero, volante, luna. |
| — Paragolpes | Evitar daños mayores a peatones o a otros vehículos. |
| — Reposacabezas | Evitar lesiones cervicales. |
| — Columna de dirección<br>— Motor-caja de cambio<br>— Depósito de combustible | Evitar las lesiones a los ocupantes y el posible riesgo de incendio en vuelcos o golpes. |
| — Inexistencia de bordes cortantes, ángulos o aristas vivas. Guarnecidos-acolchados | Evitar las lesiones a los ocupantes y a atropellados. |
| — Sujeción de niños | Evitar que se lesionen o lesionar a otras personas por proyección. |
| — Cascos, gafas, guantes, botas, mono | Protección de cabeza, ojos, pies y cuerpo en motoristas. |
| — Cristales laminados | Evitar la lesión de ocupantes por efecto de su rotura, además de permitir cierta visibilidad tras un golpe. |

### c) Elementos más comúnmente afectados en una colisión

Al describir los elementos del vehículo afectados en una colisión, por regla general, existe cierta ambigüedad. No es suficiente describir una deformación como «zona frontal-izquierda», ya que se oculta, en parte, la magnitud del suceso. En este caso hipotético, podría estar dañado desde un faro hasta la sujeción del amortiguador; por ello, a continuación ofrecemos una serie de gráficos con la nomenclatura más habitual de las piezas para facilitar la identificación de los elementos externos e internos de un vehículo.

La descripción detallada de todos los daños ofrece información de la magnitud de la colisión, da una idea de la intensidad de la fuerza actuante y contribuye a crear elementos muy importantes para establecer la forma, dirección y sentido en la que los vehículos afectados colisionaron.

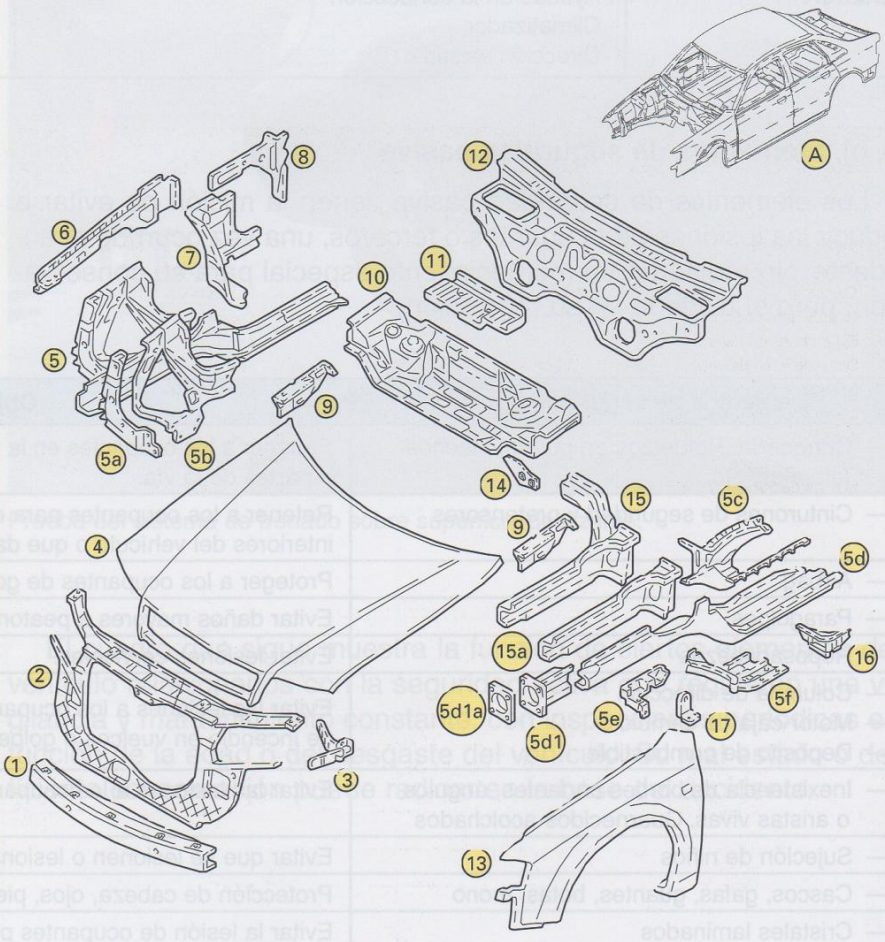
#### Turismo

Se hace una descripción de las diferentes piezas —tanto interiores como exteriores— que forman habitualmente parte de la zona delantera de la carrocería de un turismo.

**DENOMINACIÓN DE LA PARTE DELANTERA DE UN TURISMO**

A. Carrocería completa, sin capós.

1. Alma del paragolpes delantero.
2. Frente.
3. Soporte de la aleta delantera.
4. Capó delantero.
5. Conjunto del pase de rueda-larguero.
5a. Refuerzo anterior del pase de rueda.
5b. Sección anterior del pase de rueda.
5c. Refuerzo posterior del larguero.
5d. Larguero delantero.
5d1. Sección anterior del larguero.
5d1a. Cierre frontal del larguero.
5e. Refuerzo anterior del larguero.
5f. Alojamiento del larguero.
6. Refuerzo lateral del pase de rueda.
7. Sección posterior del pase de rueda.
8. Refuerzo posterior del pase de rueda.
9. Bisagras de capó delantero.
10. Caja de aireación.
11. Soporte de batería.
12. Chapa salpicadero.
13. Aleta delantera.
14. Soporte traviesa de torretas.
15. Cierre lateral del larguero.
15a. Cierre lateral del larguero (seccionado).
16. Refuerzo del alojamiento del larguero.
17. Soporte posterior de la aleta.




Identificación de la parte delantera de la carrocería de un turismo.

## Motocicleta

Motocicleta accidentada.

A continuación, se muestra la denominación habitual de las partes más importantes de una motocicleta.

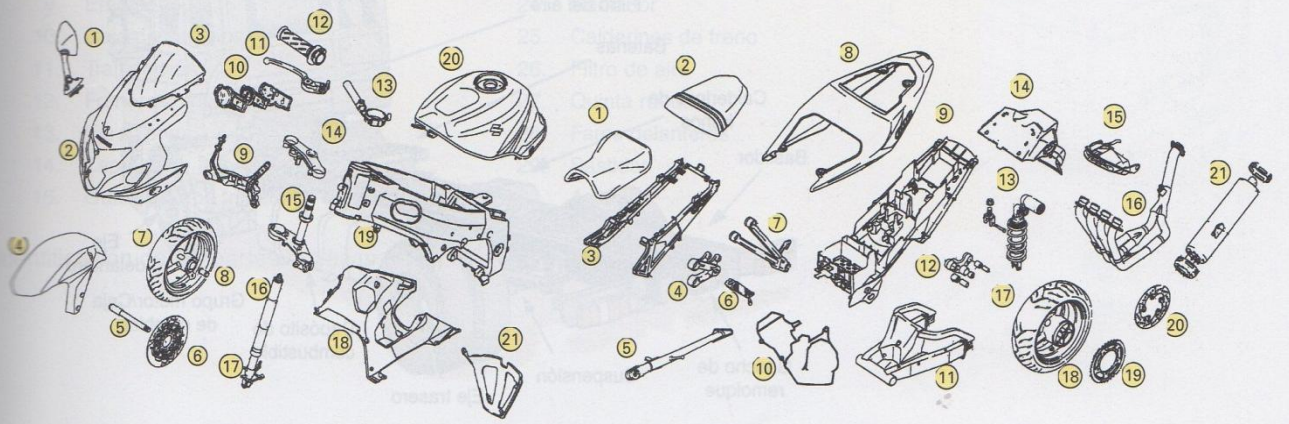
### DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS DE UNA MOTOCICLETA

**PARTE DELANTERA**

1. Espejo retrovisor
2. Carenado frontal
3. Cúpula
4. Guardabarros delantero
5. Eje de la rueda delantera
6. Disco de freno delantero
7. Neumático delantero
8. Llanta de la ruda delantera
9. Araña
10. Cuadro de relojes
11. Maneta de freno delantero
12. Puño del acelerador
13. Semimanillar
14. Tija superior
15. Tija inferior
16. Botella de suspensión
17. Barra de suspensión
18. Carenado delantero
19. Chasis
20. Depósito de combustible
21. Quilla

**PARTE TRASERA**

1. Asiento del conductor
2. Asiento del pasajero
3. Subchasis
4. Soporte de la estribera del conductor
5. Pata de cabra o borriqueta
6. Estribera de conductor
7. Soporte de la estribera del pasajero
8. Colín trasero
9. Guardabarros trasero superior
10. Conjunto motor
11. Basculante
12. Bieleta de suspensión
13. Amortiguador trasero
14. Portamatrículas
15. Piloto trasero
16. Colector de escape
17. Neumático trasero
18. Llanta de la rueda trasera
19. Corona
20. Disco de freno trasero
21. Silencioso



Identificación de las piezas de una motocicleta.

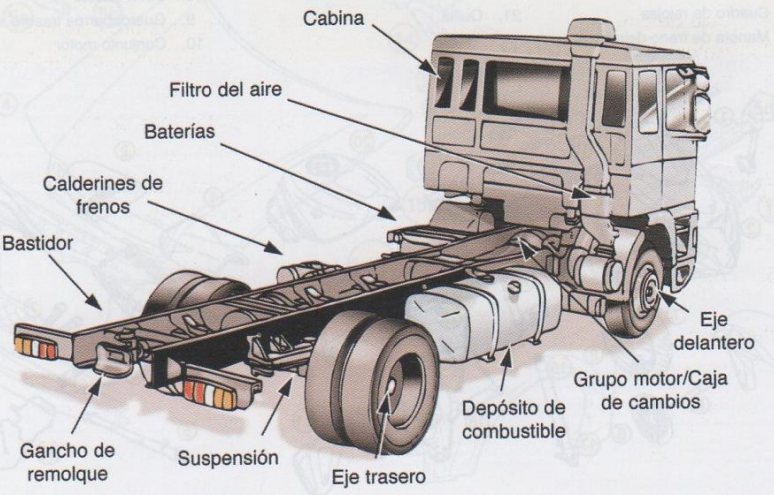
En función del uso al que están destinadas, existen diferentes tipos de motocicletas:

| CARRETERA | CAMPO | TRAIL | SCOOTER | CICLOMOTORES |
|---|---|---|---|---|
| Turismo (ruteras) | Motocross | Estándar | Estándar | Estándar |
| Sport | Enduro | Supermotard | | Cicloscooter |
| Super Sport | Trial | | | |
| Naked | | | | |
| Custom | | | | |

Tipos de motos.

## Camión rígido

La siguiente figura indica las partes fundamentales de las que consta un camión rígido.

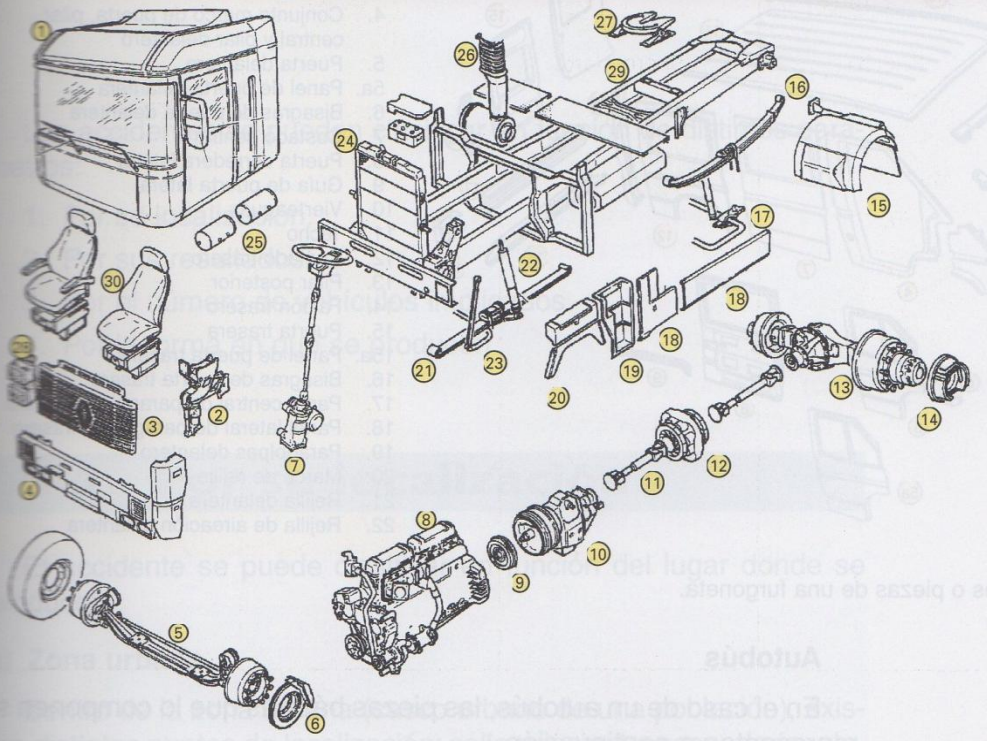



Identificación de las partes de un camión rígido.

## Tractocamión

Al objeto de realizar una descripción adecuada cuando trabajemos con un tractocamión, en esta figura indicamos sus diferentes partes.

**DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS DE UN TRACTOCAMIÓN**



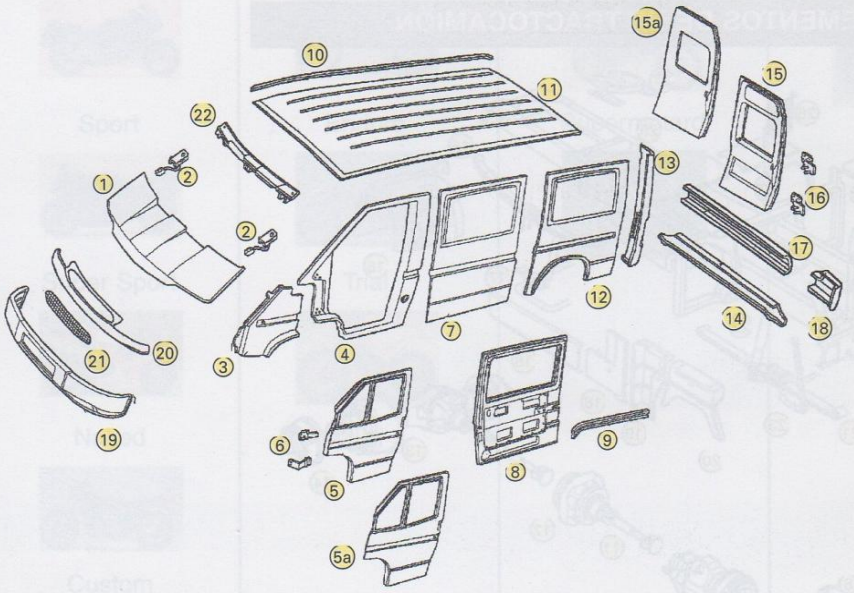
| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Cabina | 16. | Ballesta trasera |
| 2. | Mecanismo de suspensión de la cabina | 17. | Barra estabilizadora trasera |
| 3. | Calandra | 18. | Carenados laterales |
| 4. | Paragolpes delantero | 19. | Escalones de acceso a la cabina |
| 5. | Eje delantero | 20. | Guardabarros delantero |
| 6. | Disco de freno | 21. | Ballesta delantera |
| 7. | Caja de dirección | 22. | Amortiguador delantero |
| 8. | Motor | 23. | Barra estabilizadora delantera |
| 9. | Embrague | 24. | Radiador |
| 10. | Caja de cambios | 25. | Calderines de freno |
| 11. | Transmisión | 26. | Filtro de aire |
| 12. | Freno eléctrico | 27. | Quinta rueda |
| 13. | Eje trasero | 28. | Faros delanteros |
| 14. | Zapatas de freno | 29. | Bastidor |
| 15. | Guardabarros trasero | 30. | Asientos |

Identificación de las partes o piezas de un tractocamión.

## Furgoneta

Las piezas básicas de una furgoneta se muestran en el esquema de la figura.

### DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS DE UNA FURGONETA



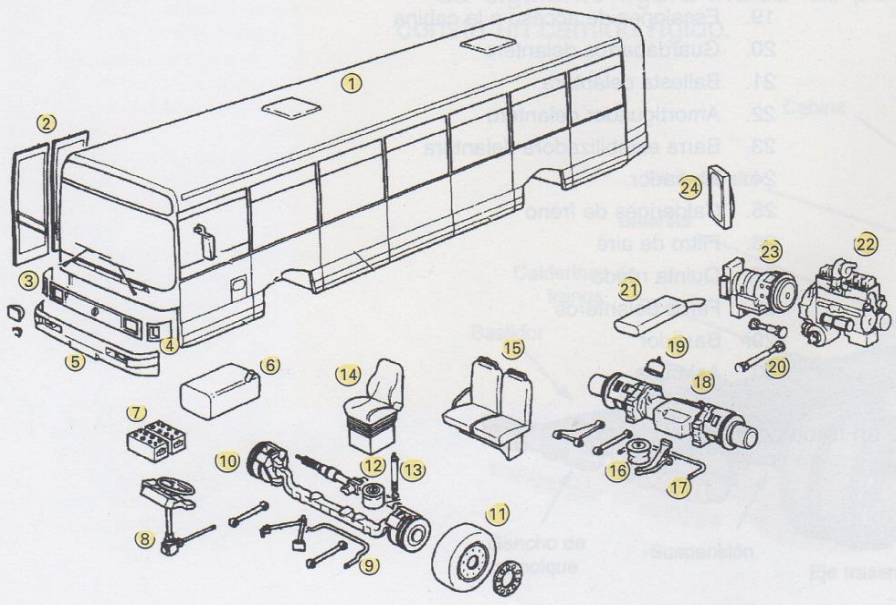
1. Capó delantero
2. Bisagras del capó delantero
3. Aleta delantera
4. Conjunto marco de puerta, pilar central y pilar delantero
5. Puerta delantera
5a. Panel de puerta delantera
6. Bisagras de puerta delantera
7. Costado central
8. Puerta corredera lateral
9. Guía de puerta lateral
10. Vierteaguas
11. Techo
12. Costado trasero
13. Pilar posterior
14. Faldón trasero
15. Puerta trasera
15a. Panel de puerta trasera
16. Bisagras de puerta trasera
17. Panel central de paragolpes trasero
18. Panel lateral de paragolpes trasero
19. Paragolpes delantero
20. Marco de rejilla
21. Rejilla delantera
22. Rejilla de aireación delantera

Identificación de las partes o piezas de una furgoneta.

## Autobús

En el caso de un autobús, las piezas básicas que lo componen se representan a continuación.

### DENOMINACIÓN DE ELEMENTOS DE UN AUTOBÚS



1. Carrocería-estructura
2. Puertas delanteras
3. Rejilla delantera
4. Recubrimiento de piloto delantero
5. Paragolpes delantero
6. Depósito
7. Baterías
8. Caja de dirección
9. Barra estabilizadora delantera
10. Eje delantero
11. Rueda
12. Fuelle de suspensión delantero
13. Amortiguador
14. Asiento del conductor
15. Asientos para pasajeros
16. Fuelle de suspensión trasero
17. Barra estabilizadora trasera
18. Conjunto trasero
19. Cilindro de freno trasero
20. Transmisión
21. Silencioso de escape
22. Motor
23. Caja de cambios
24. Radiador

Identificación de las partes o piezas de un autobús.

# 3 CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES

Los accidentes se pueden clasificar en función de distintos parámetros:

1. Por su localización.
2. Por sus resultados.
3. Por el número de vehículos implicados.
4. Por la forma en que se producen.

## 3.1. Por su localización

El accidente se puede clasificar en función del lugar donde se produce:

### a) Zona urbana

Dentro de la zona urbana (casco urbano de una población), existen distintos puntos de localización: calle principal o secundaria, plaza, travesía, glorieta, etc.

Accidente en zona urbana.

**b) Zona interurbana**

El accidente puede originarse fuera de las poblaciones o cascos urbanos; estos, a su vez, se pueden localizar según el tipo de carretera (nacional, comarcal, autopista, autovía) y dependiendo del trazado de la misma (cruce, curva, cambio de rasante, paso a nivel, puerto de montaña, etc.).

## 3.2. Por sus resultados

Al igual que por su ubicación, el accidente se puede clasificar por sus resultados:

a) **Accidente mortal:** una o varias personas resultan muertas dentro de las primeras veinticuatro horas.

b) **Accidente con víctimas**: una o varias personas resultan muertas o con lesiones.

c) **Accidente con daños materiales:** sólo se producen perjuicios a la propiedad.

Desde el punto de vista estadístico, hay diferentes definiciones que conviene saber:

**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.

**Herido:** Toda persona que no ha resultado muerta en un accidente de circulación, pero ha sufrido una o varias heridas graves o leves.

Siniestro de un vehículo de pasajeros.

**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 a la que no pueda aplicarse la definición de herido grave.

**Conductor:** Toda persona que lleva la dirección de un vehículo.

**Pasajero:** Toda persona que, sin ser conductor, se encuentra dentro o sobre un vehículo.

**Peatón:** Toda persona que, sin ser conductor, transita por las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial.

## 3.3. Por el número de vehículos implicados

Por el número de vehículos implicados, los accidentes pueden clasificarse en:

a) **Simples:** aquéllos en los que tan sólo interviene un vehículo.

Vehículo accidentado, en el taller.

b) **Complejos**: intervienen dos o más unidades de tráfico: choques, colisiones, alcances, etc. En este apartado también se encuentran los atropellos: aquellos en los que interviene un peatón, un animal, un ciclomotor o una motocicleta que son alcanzados por un vehículo de superior entidad o categoría. Igualmente, se encuentran englobados en este apartado los que se producen en cadena, o los múltiples.

## 3.4. Por la forma en que se producen

Dependiendo del modo en que colisionan los vehículos, los accidentes se pueden clasificar en choque o colisión:

- **Choque**

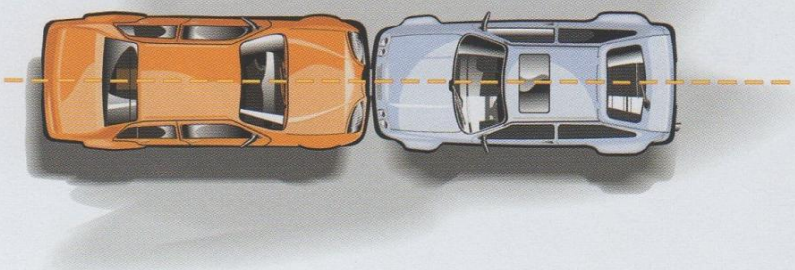
Se denomina choque al impacto que sufre un vehículo contra elementos fijos de la vía, tales como farolas, árboles, muros de protección, vallas, señales o cualquier otro elemento que forma parte de la infraestructura de la vía, o bien contra objetos que no forman parte de dicha infraestructura y que se encuentran en ella por diversos motivos, como neumáticos, vigas, troncos o rocas, desprendidos de la carga de un vehículo, de terrenos colindantes o colocados intencionadamente. También se considera choque al encuentro violento entre un vehículo en movimiento y otro estacionado o abandonado.

- **Colisión**

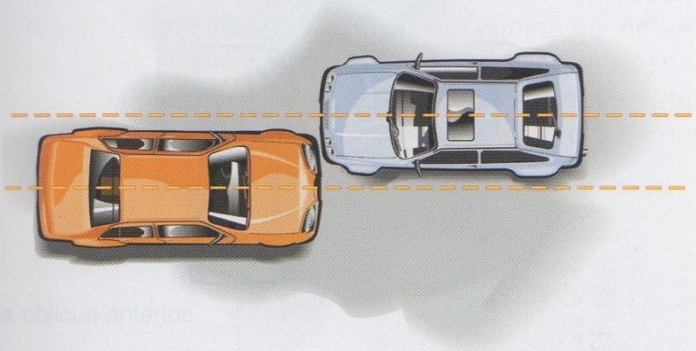
Las colisiones tienen lugar entre dos o más vehículos que se encuentran en movimiento, pudiéndose dividir en:

1. **Colisión frontal:** los vehículos que colisionan lo hacen con su frente. Pueden ser:

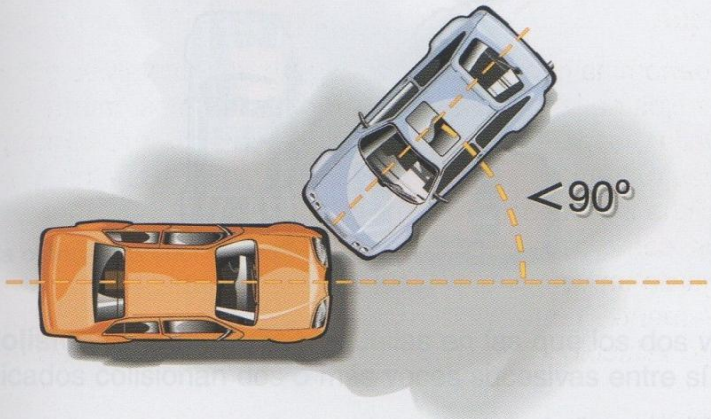
a) **Frontales centrales:** cuando los vehículos que colisionan lo hacen coincidiendo, aproximadamente, por sus ejes longitudinales.



b) **Excéntricas:** cuando los ejes longitudinales de los vehículos son paralelos, pero no coincidentes.

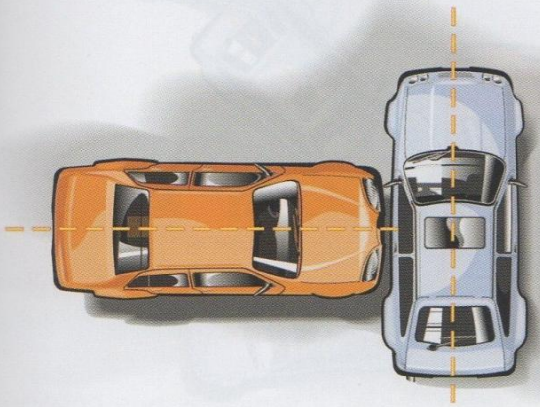


c) **Angulares:** cuando los ejes longitudinales de los vehículos que colisionan forman un ángulo inferior a 90°.

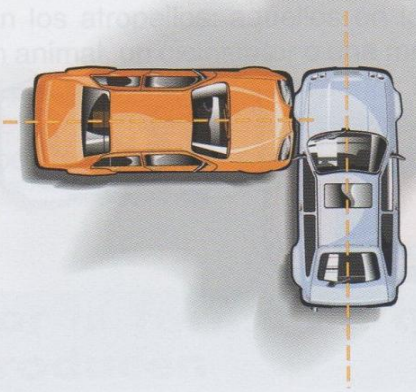



2. **Embestidas:** cuando un vehículo impacta con su frente sobre el lateral de otro, ya sea en la parte anterior, central o posterior. Puede ser de diferentes características:

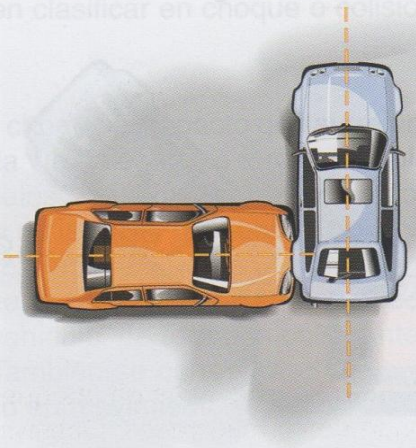
a) **Embestidas perpendiculares**: cuando el ángulo que forman los ejes de los vehículos es de 90°.



Embestida perpendicular central.

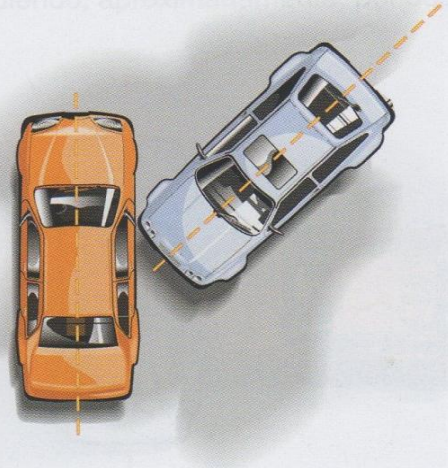


Embestida perpendicular anterior.

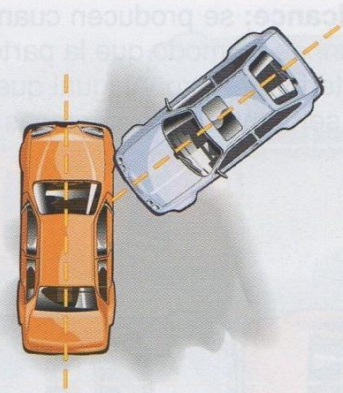


Embestida perpendicular posterior.

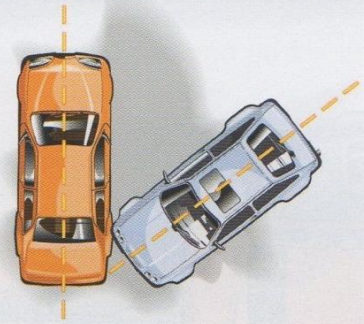
**b) Embestidas oblicuas:** cuando el ángulo que forman los ejes longitudinales de los vehículos es inferior a 90°. Al igual que en el caso anterior, éstas también pueden ser en la parte anterior, central y posterior.



Embestida oblicua central.



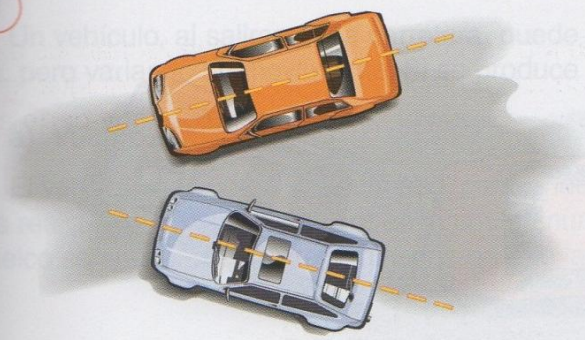
Embestida oblicua anterior.



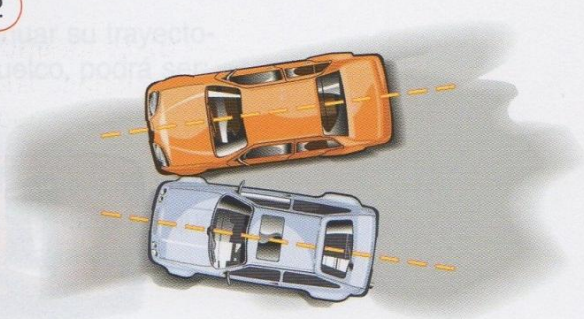
Embestida oblicua posterior.

**3. Colisiones reflejas:** son aquellas en las que los dos vehículos implicados colisionan dos o más veces sucesivas entre sí.

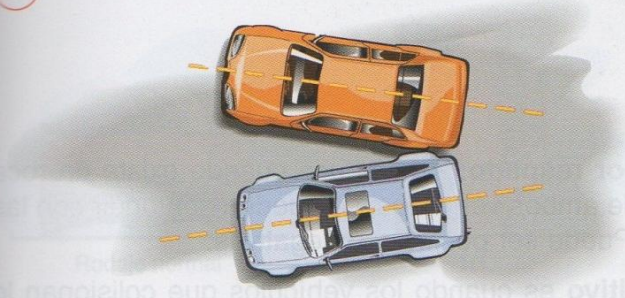
1



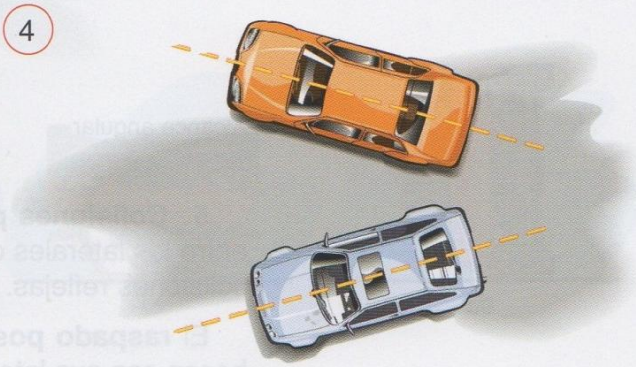
2



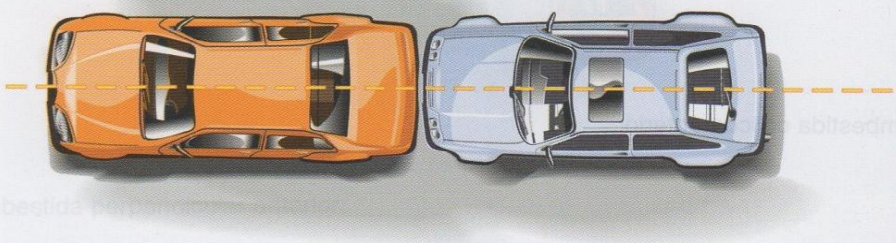
3



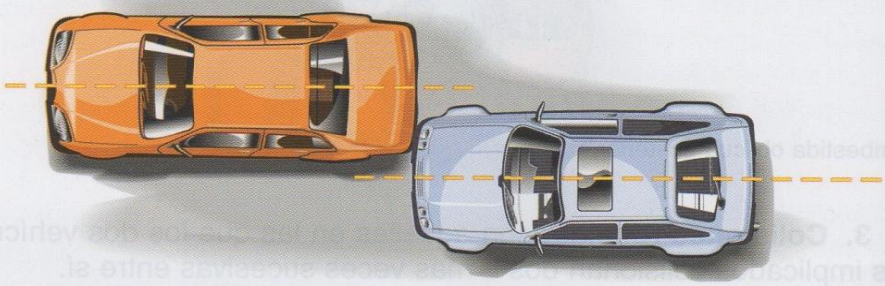
4



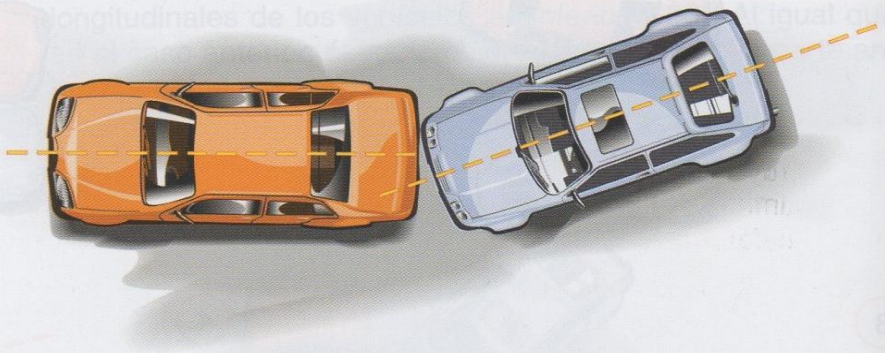
**4. Colisiones por alcance:** se producen cuando dos o más vehículos entran en colisión, de tal modo que la parte frontal de uno lo hace sobre la parte posterior del otro. Al igual que en las colisiones frontales, éstas pueden ser centrales, excéntricas y angulares.



Alcance central.



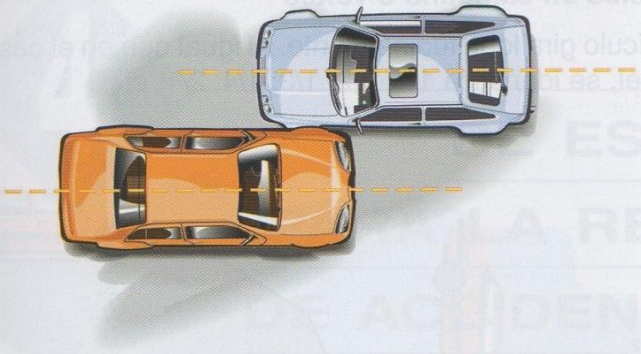
Alcance excéntrico.



Alcance angular.

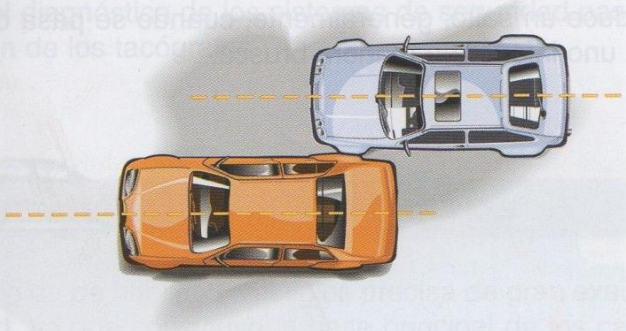
**5. Colisiones por raspado:** se produce cuando existe un roce entre los laterales de ambos vehículos; se pueden confundir con las colisiones reflejas. Puede ser positivas o negativas.

El **raspado positivo** es cuando los vehículos que colisionan lo hacen con sus laterales y circulan en sentido contrario.



Raspado positivo.

El **raspado negativo** es cuando los vehículos que colisionan lo hacen con sus laterales, circulando ambos en la misma dirección y sentido.



Raspado negativo.

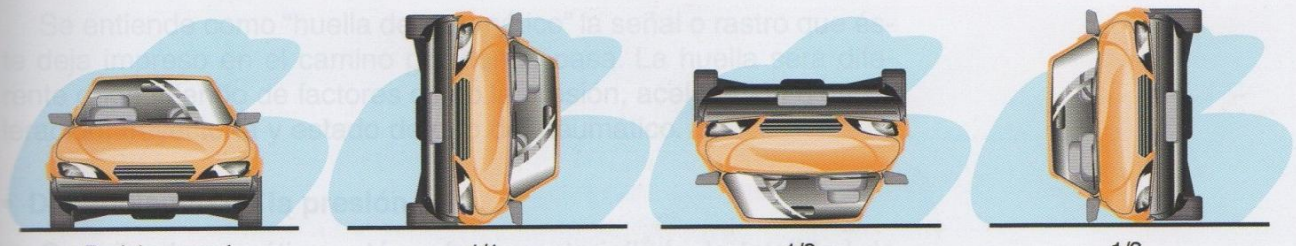
### 6. Salidas de carretera

Un vehículo, al salirse de la carretera, puede continuar su trayectoria, pero variando su movimiento. Si se produce un vuelco, podrá ser:

#### a) Vuelco en tonel

El vehículo da vueltas lateralmente, definiéndose el número de vueltas realizadas con una fracción, en la cual el numerador indica en qué vuelco se encuentra y el denominador, en qué fase de cada vuelco.

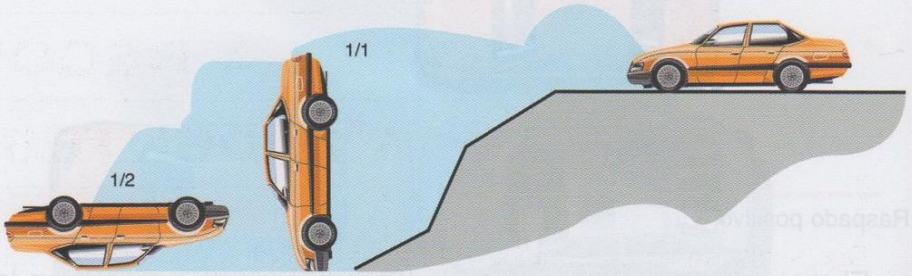
$$\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}; \frac{2}{1}, \frac{2}{2}, \text{ etc.}$$




Vuelco en tonel.

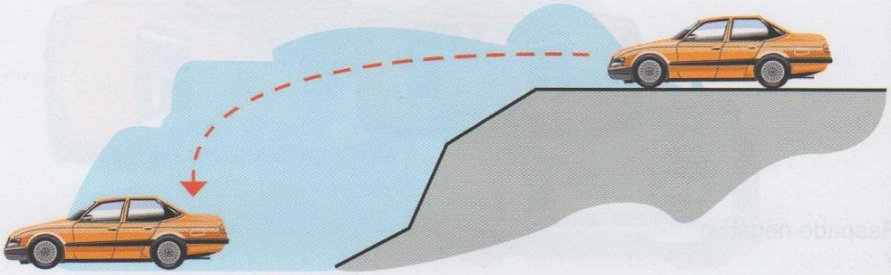
### b) Vuelco en campana o volteo

El vehículo gira longitudinalmente. Al igual que en el caso de vuelco en tonel, se identifica 1/1; 1/2; 1/3; 1/4; 2/1; etc.




### c) Salto

Se produce un salto, generalmente, cuando se pasa de un nivel superior a uno inferior de manera brusca.



# 4 ELEMENTOS DE ESPECIAL INTERÉS PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO

Destacan, en este capítulo, diversos elementos que condicionarán, de algún modo, la reconstrucción de los accidentes de tráfico.

Así, tendrá especial interés el análisis de huellas y vestigios, la inspección de lámparas, la observación de los estados de los neumáticos, el diagnóstico de los sistemas de seguridad pasiva o la investigación de los tacógrafos.

## 4.1. Huellas y vestigios

La recogida de huellas y vestigios precisa de gran exactitud y minuciosidad, ya que constituye la base principal de los cálculos que se realizarán en toda reconstrucción. Las evidencias físicas que se localizan en el lugar del hecho son los únicos argumentos posibles de credibilidad para la reconstrucción.

Dada la naturaleza de estos vestigios, se puede establecer la siguiente clasificación:

— Huellas de neumáticos.

— Huellas de materiales duros.

— Huellas biológicas.

— Otras huellas y restos.

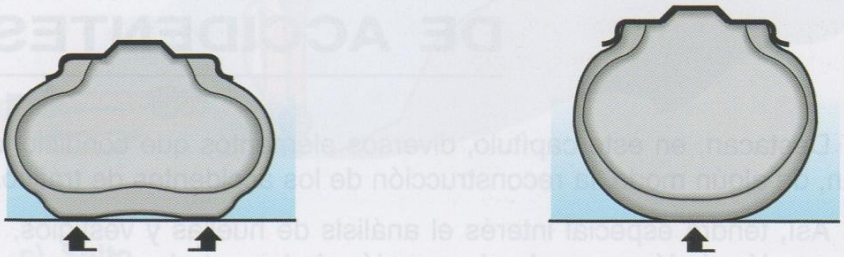
### 4.1.1. Huellas de neumáticos

Se entiende como "huella del neumático" la señal o rastro que éste deja impreso en el camino por donde pasa. La huella será diferente dependiendo de factores como la presión, aceleración o deceleración, trayectoria y estado de giro del neumático.

- **Dependiendo de la presión**

Cuando el neumático está perfectamente inflado, la totalidad de la banda de rodadura se apoya sobre el pavimento. La huella que deja en estas condiciones es igual al ancho de la banda de rodadura.

Si, por el contrario, la presión del neumático es inferior a la recomendada por el fabricante, el propio diseño y estructura del neumático va a provocar que el apoyo no sea sobre la totalidad de la banda de rodadura, sino sobre los laterales o bordes, quedando el centro sin rozamiento. De esta manera, aparecerán dos huellas estrechas y paralelas correspondientes a los dos puntos de apoyo.




Presion de los neumaticos.

Ahora bien, si la rueda estuviera demasiado inflada, la presión hace que se deforme la cubierta, presentando una zona de apoyo mucho más estrecha, única y en el centro. El rozamiento del neumático se producirá en el centro, dejando los laterales intactos, sin marca.

Medición de la presión de inflado.

- **Dependiendo de la aceleración**

Al acelerar de forma repentina un vehículo, la fuerza de inercia se transmite al centro de gravedad, retrasando y elevando su situación

original, hecho que provoca un mayor apoyo sobre el eje trasero; no obstante, las ruedas que dejarán la huella serán las tractoras.

- **Dependiendo de la deceleración**

En el caso de una deceleración brusca, se produce el efecto contrario, el centro de gravedad se adelanta y desciende, provocando un mayor apoyo en las ruedas delanteras; serán estas ruedas las que dejen marcado su dibujo sobre el pavimento. Las ruedas posteriores perderán rozamiento sobre el terreno y su huella será menos intensa e, incluso, inapreciable.

- **Dependiendo de la trayectoria**

Si el vehículo toma una curva cerrada a gran velocidad, la fuerza centrífuga actuará en la dirección contraria a la de la curva, tendiendo el automóvil a salirse por la tangente. El efecto se compensa por la fuerza de fricción lateral de los neumáticos, que sufren una continua deformación lateral resultado de la fuerza centrífuga, ya que sólo se apoyan en el suelo por la parte externa de la banda de rodadura, dejando una huella estrecha y fina, que marca la trayectoria del vehículo.

- **Dependiendo del estado de giro**

El neumático de un vehículo, dependiendo de su estado dinámico, puede encontrarse de las siguientes maneras: en rodadura normal, girando con mayor rapidez que el movimiento del vehículo, parcialmente detenido, y, por último, estático, sin girar o bloqueado, aunque el vehículo siga avanzando. Cada una de estas formas deja distintas huellas sobre el terreno.

**Rodadura normal**

Cuando la rueda gira libremente, en su marcha normal, difícilmente dejará huella, a no ser que el terreno por el que circule facilite la aparición de la huella de rodadura. En ese caso, las marcas dejadas por la rueda pueden ser:

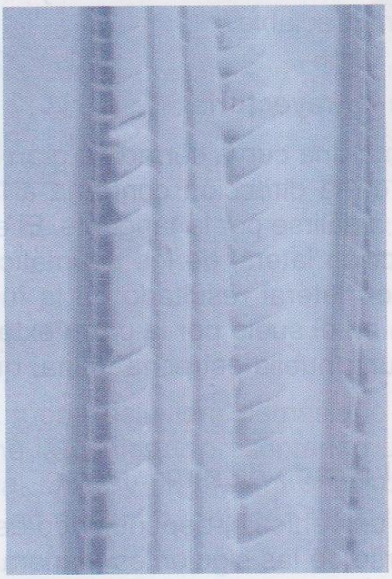
a) **Impresión.** Al circular un neumático por un elemento líquido o semilíquido, la banda de rodadura se impregna y, cuando llega a suelo seco, va dejando la huella del dibujo, con el mismo elemento en el que se humedeció, continuando la rodadura hasta que la rueda se seca.

   En este caso, el dibujo de la banda de rodadura suele aparecer con toda nitidez. Esta huella viene a ser el negativo del dibujo de la banda de rodadura.

b) **Depósito.** Cuando el vehículo circula por un lugar donde existe polvo, gravilla, barro, etc., este tipo de material se fija en la banda de rodadura por efecto de la presión del neumático sobre la superficie, introduciéndose en la escultura o dibujo del neumático. Al pasar de la zona donde existe la materia blanda a una superficie dura, los neumáticos van dejando caer

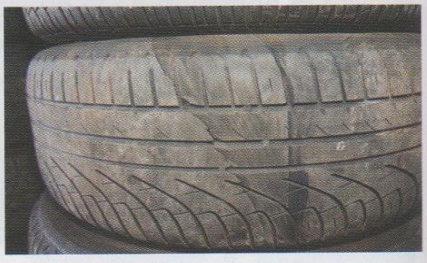
pequeñas partículas, que formarán ligeros relieves coincidentes con los dibujos mencionados.

c) **Impronta.** Cuando el suelo sobre el que se apoya la rueda es blando, la presión que ejerce hace que el neumático se marque con mayor o menor profundidad, según la consistencia de la superficie y el peso del vehículo. Esto ocurre sobre barro, nieve, tierra humedecida, etc. Esta huella será el negativo del dibujo de la banda de rodadura.



Improntas.

En el caso de rodadura libre aparece, generalmente, el dibujo de la banda de rodadura con bastante claridad, pudiendo apreciarse pequeños defectos y deficiencias en la presión de inflado, que se repetirán periódicamente. También se puede determinar el ancho de vía del vehículo y el diámetro del neumático.



Desgaste anormal de los neumáticos.

**Rodadura del neumático a velocidad distinta a su desplazamiento**

a) **De aceleración.** Cuando una rueda sufre un movimiento de aceleración muy rápido (no puede ser transmitido inmediatamente al suelo) o si la superficie sobre la que se apoya no ofrece la suficiente adherencia para transformar esa fuerza en mo-

vimiento, se producen unas marcas especiales sobre el terreno, consistentes en un surco desde la parte delantera a la posterior y hacia los lados.

Únicamente dejarán estas señales las ruedas motrices, dado que son las que reciben el impulso de la aceleración y sufren un deslizamiento sobre el terreno.

b) **De deceleración.** Cuando un neumático, por efecto de la frenada, se desliza por encima de la superficie de la calzada, produce gran cantidad de calor al transformarse en rozamiento la energía cinética del vehículo. Este calor funde la capa superficial de la goma del neumático y deja una determinada huella sobre el firme, cuya característica es un ligero sombreado sobre la superficie.

c) **Derrape.** Los desplazamientos laterales o «derrapes» se producen porque los neumáticos sufren una fuerza de fricción lateral tan elevada que provoca el desplazamiento transversal del vehículo.

Los derrapes suelen producirse cuando se toma una curva a excesiva velocidad, en terreno resbaladizo y después de una colisión o choque. Si solamente aparece una huella de derrape, puede asegurarse que, generalmente, corresponde a una rueda motriz; si aparecen dos, corresponderán a las ruedas del vehículo del lado hacia el que ha derrapado y, solamente en casos especiales, como pavimentos muy resbaladizos, aparecerán las cuatro ruedas marcadas.

En los derrapes laterales suelen aparecer ligeras estrías o líneas perpendiculares a la dirección de la marcha normal de la rueda, semejantes a dientes de sierra.

Huella de deceleración.

Dientes de sierra en un derrapaje.

### Neumático bloqueado

Cuando se aplica una frenada intensa que consigue bloquear la rueda, el vehículo se desplazará deslizándose sobre el pavimento, y dejará una huella de frenada diferente.

a) **Huella de caucho fundido.** Como ya se ha indicado anteriormente, la rueda, al quedar sin movimiento y por efecto del rozamiento contra el suelo, produce un intenso calor, que llega a fundir la goma de la superficie de la banda de rodadura, y deja sobre el pavimento una mancha continua de color oscuro.

Si el frenazo se produce sobre una carretera totalmente llana, homogénea y las ruedas han frenado con igual intensidad, presión y estado de la banda de rodadura, las líneas que se producen serán rectas y paralelas, apreciándose dos líneas si las ruedas de delante y atrás tienen la misma vía, dado que las huellas de las ruedas posteriores se montarán exactamente sobre las anteriores. En este caso, puede localizarse únicamente el punto en el que las ruedas delanteras han comenzado a marcarse, ya que la huella aparece con un colorido más intenso y la forma de las estrías se altera.

Si se trata de camiones con ruedas posteriores gemelas, se apreciarán otras dos líneas paralelas y exteriores, que corresponderán a dichas ruedas gemelas.

Si existe una rueda menos hinchada que las demás, al ponerse en contacto con el suelo una mayor cantidad de superficie, la frenada se verá afectada y el vehículo se inclinará hacia el lado de dicha rueda. Si es una rueda delantera, habrá un «coletazo» hacia el lado opuesto; si es trasera, hacia el propio lado. En el caso de que los frenos actúen de forma desigual, se producen iguales resultados que en el supuesto anterior, con las siguientes características:

1. Si los frenos actúan más sobre las ruedas de un mismo lado, el vehículo sufrirá el desplazamiento hacia ese lado. Este efecto se nota también cuando el vehículo circula con las ruedas por diferente tipo de pavimento, por lo que, en caso de frenar intensamente, el costado que ofrezca mayor resistencia «tirará» del automóvil, frenando con mayor intensidad e, incluso, provocando el vuelco lateral o tonel.
2. Si las ruedas más frenadas son las delanteras, la detención se hará con normalidad.
3. Si sólo frenan las ruedas traseras, se producirá un coleteo, únicamente corregible por medio de la dirección o soltando el freno y acelerando débilmente, para volver a frenar poco a poco.

Cuando la carretera tiene riego asfáltico reciente y el calor de la rueda bloqueada llega a fundir el alquitrán o asfalto, o existe una gran temperatura ambiente, se produce una huella parecida, con la particularidad de que el material bituminoso fundido se inserta en los dibujos de la rueda y, posteriormente, queda depositado sobre el terreno.

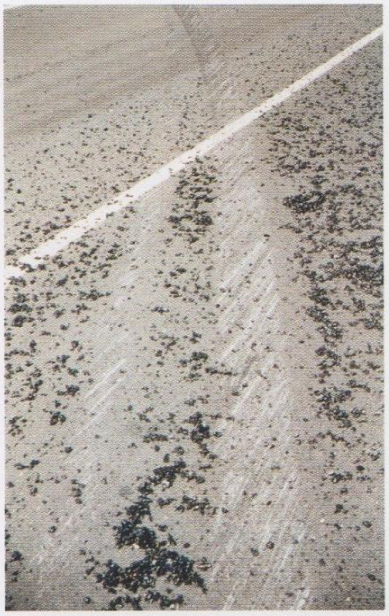
En tiempo húmedo, con la carretera mojada o cubierta de barrillo, las cubiertas, al desplazarse por un medio lubricante, resbalando sin llegar a fundirse, dejarán un rastro similar a la huella de frenada, pero de menor intensidad.

b) **Surcos.** Cuando la rueda bloqueada resbala sobre un pavimento poco consistente, habrá unos surcos más o menos profundos en función de la velocidad del vehículo y de la resistencia del firme. Los surcos perduran durante mucho tiempo, salvo en la nieve, y suelen conservar perfectamente el dibujo de la banda de rodadura.

c) **Otro tipo de huellas.** Además de las descritas, pueden encontrarse las siguientes:

- Raspaduras, producidas por el movimiento del vehículo. Trocitos de piedras, arena y polvo proyectados por la banda de rodadura en movimiento.

- Raspaduras de goma. Material arrancado de los neumáticos, debido a un pavimento rugoso, áspero y duro. El polvo y los restos de goma quedan a los lados de la huella.
- Barreduras. Deslizamiento del neumático, dejando la calzada limpia de polvo; sólo se percibe en lugares polvorientos.
- Enjuagado. Cuando la rueda seca el agua que humedece el pavimento. En ambiente húmedo, desaparece enseguida. Únicamente puede apreciarse cuando la humedad de la superficie es escasa.
- Embarraduras. Causadas por la proyección del barro, lodo o agua que existe en un badén o charco, debido al paso de la rueda.



Huellas en forma de barredura.

## 4.1.2. Huellas de materiales duros

Cuando se produce un accidente, algunas de las partes de la carrocería o de la carga pueden rozar contra el suelo, dejando ciertas marcas, que pueden ser clasificadas de la forma siguiente:

- **Arañazo**

Consiste en una raya de poca profundidad y generalmente estrecha, realizada por una parte aguda o por una pequeña superficie de contacto. Si el elemento causante es metálico, el arañazo se puede producir con mucha facilidad, sin que haya otra marca. En el caso de la madera, suele dejar pequeñas astillas o polvo de serrín. En ambos casos, pueden existir restos de pintura.

- **Restregón**

Es una huella amplia, formada por el paso de un cuerpo de regular tamaño. Si el objeto causante de esta marca tuviera una superficie de contacto lisa, la huella sería uniforme, siempre que la fuerza se haya ejercido por igual sobre toda la superficie, ya que, en caso contrario, una zona estaría más marcada que la otra. Si tiene alguna parte sobresaliente, ésta puede ocasionar un arañazo que destacará sobre el restregón. Pueden quedar otros vestigios, como restos de pintura, pequeños fragmentos de material, etc.

- **Hendidura**

Dentro de este nombre, se agrupa cualquier alteración del pavimento de mayor entidad que los anteriores. Pueden incluirse aquí los arañazos grandes y profundos, con pérdida de un trozo de firme. En ocasiones, una hendidura va disminuyendo su profundidad, o aumentándola, conforme al incremento o decremento de la presión. La posición final de los vehículos indicará la forma de producirse; incluso puede aparecer un punto de máxima presión, que va disminuyendo.

- **Hoyo**

En terreno blando o en los arcenes de las carreteras pueden presentarse hoyos, producidos incluso por las mismas ruedas al resbalar de costado. Generalmente, no sobrepasan los tres metros de longitud pues, si la velocidad permanece, el vehículo llegaría a volcar.

Huellas ocasionadas por la salida de un vehículo de la carretera.

| HUELLAS PRODUCIDAS POR MATERIALES DUROS | |
|---|---|
| **Tipo** | **Indicación** |
| Arañazo | Raspado de poca profundidad y estrecho, producido por el roce con arista viva |
| Restregón | Roce amplio, producido por cuerpo grande |
| Hendidura | Grieta producida cuando se altera el pavimento y hay una pérdida de firme |
| Hoyo | Hendidura en terreno blando |

## 4.1.3. Huellas biológicas

La presencia de restos de sangre o cualquier otro elemento integrante del cuerpo humano tiene que ser minuciosamente examinada sobre el lugar de los hechos, ya que puede aclarar la forma de producirse el accidente.

- **Presencia de sangre**

La sangre tal vez sea la huella biológica más frecuente en el lugar del accidente. Puede presentarse con estas formas:

**a) Charco**

*Es una gran cantidad de sangre reunida en una zona relativamente* pequeña. De aparecer solamente el charco, puede deducirse que la víctima no ha sido movida del lugar donde se encuentra.

**b) Goteo**

Se produce cuando la fuente de salida de la sangre se encuentra a cierta altura sobre el suelo; si ésta supera los dos metros, se forman huellas de aspersión, no distinguiéndose gotas, pero sí un pulverizado de la sangre.

- **Cabellos**

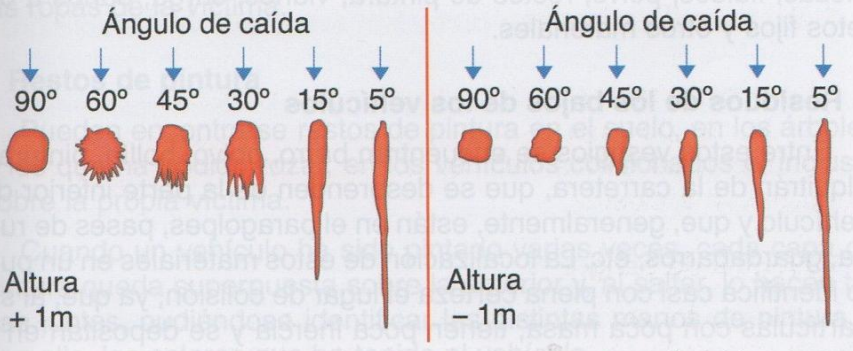
En los atropellos y en las proyecciones, con ocasión de choques o colisiones, pueden quedar cabellos unidos al punto en que la víctima fue golpeada. Esto permitirá la identificación de la víctima y del punto de colisión.

También podrá identificarse el vehículo implicado si en alguna de sus partes aparecieran cabellos correspondientes a la persona afectada.

- **Otros restos biológicos**

Los atropellos ocasionados por vehículos grandes y pesados pueden producir la proyección de restos humanos. A veces, existen minúsculas partículas de tejido adiposo, conjuntivo, epidérmico etc., que quedan adheridos a distintos lugares (sobre el vehículo, en la calzada, sobre los troncos de los árboles, etc.).

| HUELLAS PRODUCIDAS POR RESTOS BIOLÓGICOS | |
|---|---|
| **Tipo** | **Indicación** |
| Sangre | Charco: Indica la posición estática<br>Goteo: Indica la trayectoria, ángulo de caída, altura, etc. |
| Cabellos | Identifica a la víctima y la posible parte con que se golpeó |
| Otros | Restos de piel, etc., situados en árboles, señales, vehículos... |




Marca dejada por una gota de sangre según el ángulo y altura de caída.

El ángulo de caída es aquel que forma la trayectoria de la gota respecto al plano sobre el que cae.

Mancha de sangre.

- **Ropas**

Identifican a las personas implicadas en el accidente.

## 4.1.4. Otras huellas y restos

Es imposible describir uno por uno todos los elementos que pueden ser objeto de estudio en el lugar de los hechos. No obstante, deben examinarse con atención las manchas de grasa, descortezamiento de árboles, ramas y hojas arrancadas o tronchadas, objetos abandonados, frutos aplastados, etc. Principalmente, se analizan los siguientes: residuos de los bajos de los vehículos, de sus partes o piezas, fluidos, polvo, restos de pintura, vidrios, carga, daños a objetos fijos y otros materiales.

- **Residuos de los bajos de los vehículos**

Entre estos vestigios se encuentran barro, polvo, hollín, pintura y alquitrán de la carretera, que se desprenden de la parte inferior del vehículo y que, generalmente, están en el paragolpes, pases de rueda, guardabarros, etc. La localización de estos materiales en un punto identifica casi con plena certeza el lugar de colisión, ya que, al ser partículas con poca masa, tienen poca inercia y se depositan en el mismo punto de colisión.

Es posible que tales restos estén dispersos en un radio; pues bien, el lugar de colisión será aquél en el que exista la máxima acumulación de restos. Este tipo de residuos son de carácter temporal; en algunos accidentes, el movimiento de los vehículos tras la colisión hace que los materiales depositados en el dibujo del neumático queden marcados como depósitos o impresiones, cada vez que éste dé una vuelta completa.

- **Partes o piezas del vehículo**

Son los restos que se desprenden del vehículo al romperse en la colisión. Generalmente, no caen en el mismo lugar del impacto, sino que quedan diseminados, arrojados a algunos metros del punto de colisión; incluso, pueden rodar o romperse durante el trecho que recorre el vehículo después de colisionar. Indicarán la trayectoria de los vehículos después de la colisión, incluso cuando hayan sido remolcados. La diferencia entre estos residuos y los anteriores es que poseen una mayor masa y, por ello, son arrastrados tras la colisión.

- **Fluidos de los vehículos**

El más corriente es el líquido refrigerante del radiador, seguido del aceite del motor y del electrolito de la batería. Otros fluidos son los de la transmisión, la caja de cambios, el líquido de frenos y, en ocasiones, los combustibles. Podrían indicar, en principio, hasta dónde se ha transmitido la deformación del vehículo y, aproximadamente, la intensidad de la colisión. Además, podrían revelar la posible trayectoria tras el impacto o la posición de los vehículos, si existe una gran acumulación de ellos.

Los fluidos nunca indican el lugar de colisión, ya que existe un intervalo de tiempo y espacio hasta que se produce el derrame.

- **Polvo**

El polvo y la arena pueden tener una influencia decisiva para identificar la procedencia de un vehículo o para afirmar su presencia en un lugar determinado.

En ocasiones, el punto de colisión de dos vehículos puede señalarse por restos de polvo; igualmente, puede efectuarse la identificación de un vehículo por partículas de arena o polvo encontradas en las ropas de la víctima.

- **Restos de pintura**

Pueden encontrarse restos de pintura en el suelo, en los árboles a los que ha podido rozar, en los vehículos colisionados e, incluso, sobre la propia víctima.

Cuando un vehículo ha sido pintado varias veces, cada capa de pintura queda superpuesta sobre la anterior y, al saltar, lo hacen todas juntas, pudiéndose identificar las distintas manos de pintura y, con ello, los colores que ha tenido el vehículo.

- **Vidrios**

Los distintos cristales que llevan los vehículos pueden identificarse con facilidad.

Restos de vidrios.

- **Carga**

— Cargas sólidas

El cargamento sólido de un vehículo, tras la violencia de la colisión o debido a su propia inclinación, puede quedar esparcido sobre el pavimento. La grava, arena, cemento, cereales y cualquier tipo de material a granel se esparce cerca del lugar de colisión. Cuando el vehículo circula con bastante velocidad, podría indicar una trayectoria; si bien, el residuo se encontrará alejado del lugar del impacto. Estos restos pueden ocultar otro tipo de marcas.

— Cargas líquidas

La colisión puede romper el recipiente de la carga, derramándose ésta sobre la calzada y otros vehículos u objetos. En el caso de que el derrame sea intermitente y de poco volumen, se denominará salpicadura; si, por el contrario, es continuo, reguero. Es preciso tener en cuenta que existe un gran número de transportes con cargas líquidas en pequeños recipientes que, si bien no permitirán el escape en una colisión, a efectos dinámicos, conllevan el comportamiento inestable del vehículo.

Daños a objetos fijos.

- **Daños a objetos fijos**

Estos objetos pueden ser barandillas, postes, señales, pilares, perfiles, hitos, árboles, etc., que han sufrido deterioros más o menos intensos (raspados, roturas, dobleces, etc.). Este tipo de objetos determina las trayectorias y las posiciones finales de los vehículos implicados.

- **Otros materiales**

Sobre la vía pueden aparecer restos de materiales que no proceden del lugar del siniestro, sino que han sido llevados allí por alguno de los vehículos implicados (barro, hierbas, etc.).

Restos de líquidos y aceites del motor y huella de frenada.

| HUELLAS DEJADAS EN OBJETOS EXISTENTES EN LA VÍA | | |
|---|---|---|
| **Tipo** | **Indicación** | **Permanencia** |
| Daños a objetos fijos | • Trayectoria de situaciones finales, aún cuando haya sido retirado de la escena<br>• Determinación de la secuencia de espacio y de la altura de colisión<br>• Complemento del cálculo de velocidades | Vallas protectoras<br>Barandillas<br>Cercados<br>Hitos<br>Señales<br>Postes<br>Perfiles<br>Árboles<br>Edificios, etc. |

## 4.2. Inspección de lámparas

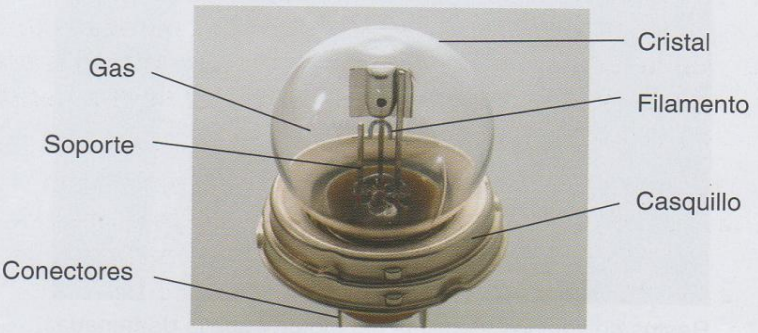
La inspección de las bombillas de un automóvil que ha sufrido un accidente aporta información sobre cómo se ha producido y si la bombilla se encontraba encendida o apagada en el momento del impacto.

Esta circunstancia va a tener importancia a la hora de analizar accidentes nocturnos, alcances, maniobras en las que es necesaria una señalización previa, etc. Es primordial conocer si las bombillas estaban encendidas o apagadas cuando se produjo el accidente.

La inspección está basada en el análisis de los efectos del accidente sobre las lámparas; es decir en las consecuencias de golpes, impactos directos, deceleraciones y aceleraciones, siendo estos efectos distintos si se encuentran encendidas o apagadas.

Los diferentes tipos de bombillas de un automóvil son:

- Bombillas de posición
- Bombillas de freno
- Bombillas de marcha atrás
- Bombillas de intermitencia
- Bombilla de carretera y cruce




Bombilla.

## 4.2.1. Funcionamiento de una bombilla

Una corriente eléctrica que atraviesa un cable produce calor. Si la corriente es suficientemente grande para el grosor del alambre, el calor puede incrementar la temperatura del alambre hasta la incandescencia, produciéndose entonces la luz.

La mayoría de los metales pierden sus propiedades mecánicas cuando están lo suficientemente calientes como para producir luz. Por ello, los filamentos deben estar hechos de un material que mantenga su forma a la temperatura de incandescencia. El metal usado es el tungsteno.

Oxidación del tungsteno.

### 4.2.1.1. Propiedades del tungsteno

El filamento de las bombillas es de tungsteno y tiene las siguientes características:

— Buen conductor de la electricidad.

— Color grisáceo (cuando no está oxidado).

— Punto de fusión de 3.410 °C.

— A temperatura ambiente, su ductibilidad es nula (frágil).

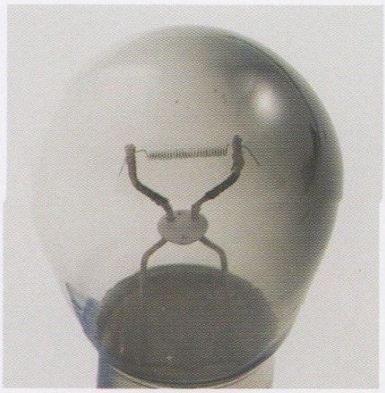
— A temperaturas superiores a 340 °C, se vuelve muy dúctil.

— El tungsteno se oxida a temperaturas superiores a 400 °C. En este proceso de oxidación produce una llama amarilla, quedando el filamento de la bombilla oscurecido y con un polvo amarillo a su alrededor.

#### 4.2.1.2. Proceso de incandescencia del tungsteno

Para prevenir la oxidación, el filamento se encierra en una cámara de cristal y el aire es sustituido por nitrógeno u otro gas inerte que no oxide al filamento. En las lámparas ordinarias, la presión del gas es ligeramente inferior a la atmósfera (vacío parcial). En las lámparas halógenas, la presión es 4 u 8 veces mayor que la atmosférica.

Cuando se calienta hasta la incandescencia, el tungsteno se evapora gradualmente, abandonando el filamento. En las lámparas ordinarias, este vapor de metal se deposita en las paredes del cristal, a medida que la lámpara se envejece, especialmente en las lámparas pequeñas. El oscurecimiento del cristal limita severamente la luminosidad de la lámpara.



Oscurecimiento del cristal.

En las lámparas halógenas se previene el oscurecimiento del cristal. Una pequeña concentración de gas halógeno, generalmente yodo, y en algunas ocasiones bromo o cloro, es añadida al gas de la lámpara. En la parte fría de la lámpara, cerca del cristal, las partículas vaporizadas de tungsteno se combinan con el halógeno, en vez de depositarse en el cristal. La circulación del gas dentro de la lámpara lleva al compuesto tungsteno-halógeno al filamento. El tungsteno-halógeno es descompuesto en átomos, por efecto del calor; así, el tungsteno se deposita de nuevo en el filamento, mientras que el halógeno vuelve a las paredes del cristal, donde se combina otra vez con tungsteno vaporizado. De esta manera, el tungsteno es continua y automáticamente reciclado.

Para que sea posible el ciclo del halógeno, el vidrio debe alcanzar una temperatura superior a 250 °C. Esto requiere:

— El cristal debe encerrar al filamento, requiriendo una bombilla pequeña.

— El cristal debe aguantar sin deformarse temperaturas superiores a 500 °C.

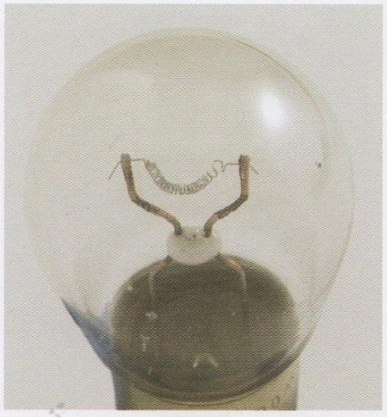
Por esto, las lámparas halógenas se hacen con cristal de cuarzo o cristales resistentes al calor. Además, como el gas está presurizado, la lámpara tiende a explotar cuando algo golpea sobre ella.

### 4.2.2. Envejecimiento de las lámparas

Normalmente, las lámparas van cambiando su apariencia a medida que van envejeciendo por el uso. Estos cambios se manifiestan de las siguientes maneras:

— Oscurecimiento del cristal, debido a la vaporización del metal del filamento. Es la primera señal de envejecimiento. Se aprecia mejor en las lámparas pequeñas.

— Rugosidades o picaduras en la superficie del filamento, provocadas por el uso. Éstas pueden ser apreciadas con una lupa o, incluso, a simple vista.



Deformación del filamento por envejecimiento.

— Curvatura del filamento, que generalmente aparece en filamentos largos y finos, usados en posición horizontal en lámparas de baja intensidad. El filamento se va arqueando gradualmente por efecto de la gravedad y sufre un estiramiento uniforme en toda su longitud. Esta curvatura se intensifica en filamentos sujetos a vibraciones.

### 4.2.3. Proceso de oxidación del filamento

Cuando el cristal de una bombilla se rompe, el aire rodea rápidamente al filamento y, si está caliente, empieza inmediatamente a oxidarse. El óxido de tungsteno escapa del filamento y se deposita en otro filamento cercano, en el cristal o en el casquillo.

En el lugar donde el filamento se ha debilitado más por la oxidación, se produce un aumento de la temperatura, que llega a fundir el material, y se forma un arco voltáico hasta que se funde la zona por completo. Durante este proceso, el filamento se ennegrece.

### 4.2.4. Inspección de las bombillas para determinar si estaban encendidas o apagadas

Un impacto puede no afectar a una lámpara o, por el contrario, dejarla completamente destrozada. En ambos casos, no se dispondrá de información suficiente para determinar si estaba o no encendida en el momento del accidente, pero, entre estos dos extremos, el impacto puede afectar a la lámpara de tal manera que su análisis indique su estado en el momento del accidente.

A la hora de analizar las bombillas de un vehículo siniestrado, se pueden presentar los siguientes casos:

— El cristal no está dañado.

— El cristal está roto.

#### 4.2.4.1. Bombilla con el cristal sin romper

Puede darse el caso de que la bombilla, externamente, no presente ningún daño. Entonces, habrá que analizar el estado del filamento.

- **Filamento entero (no presenta ninguna rotura)**

Aunque el filamento no presente rotura, podremos encontrarlo deformado o no.

a) Deformado. Ha sufrido un alargamiento, lo cual implica que, en el momento de la colisión, la bombilla se encontraba encendida.

b) No deformado. Si el filamento está intacto y no presenta ninguna deformación, revela que la bombilla estaba apagada en el momento de la colisión.

Filamento deformado. Lámpara encendida en el momento del accidente.

Filamento sin deformación. Lámpara apagada en el momento del accidente.

- **Filamento roto**

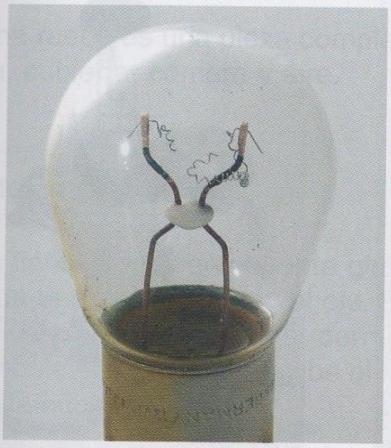
Cuando el filamento se encuentra roto se pueden presentar las siguientes posibilidades:

a) Deformado. En este caso, si el filamento se encuentra roto y deformado, la bombilla se encontraba encendida.

b) No deformado. Si el filamento únicamente presenta un corte limpio, sin deformación, la bombilla estaba apagada en el momento de la colisión.

c) Bordes fundidos. Si el filamento tiene los bordes de la zona de rotura fundidos, es signo de que la bombilla se encontraba encendida.

d) Bordes con aristas. Por el contrario, si el filamento roto presenta bordes con aristas vivas, la bombilla estaba apagada.



Restos del filamento fundido sobre el cristal.

Filamento roto y deformado. Lámpara encendida en el momento del accidente.

### 4.2.4.2. Bombilla con el cristal roto

En el caso de que la bombilla, como consecuencia del golpe, tuviera el cristal roto, habrá que analizar los restos que queden sobre la base del filamento.

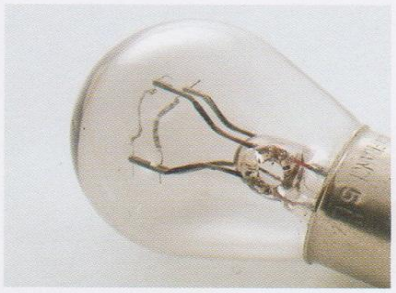
a) Presencia de óxido. La oxidación ocurre únicamente cuando el aire entra en contacto con el filamento. Si la bombilla se rompe completamente, la oxidación aparece enseguida.

Si aparecen restos de óxido (filamento oscurecido), indica que el filamento se encontraba encendido en el momento del accidente.

Cuando el color de filamento es muy oscuro, como marrón, púrpura o verde, ha tenido lugar la oxidación. Esto también puede haberse producido aplicando corriente a un filamento intacto de una bombilla a la que se le haya roto el cristal.

Podemos encontrar filamentos ligeramente tintados en las lámparas con dos filamentos. El filamento ennegrecido es el que se encontraba incandescente y el tintado estaba caliente por estar próximo al anterior.

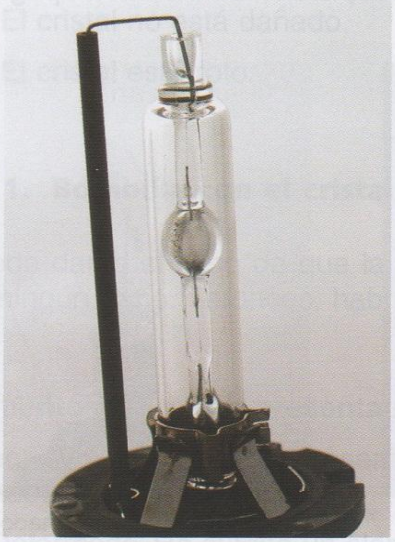
Si uno de los dos filamentos de una bombilla rota ha desaparecido, y el que queda está ligeramente oxidado, significa que el que falta se encontraba incandescente.



Bombilla de dos filamentos. El superior se encontraba encendido.

b) Ausencia de óxido. Si no se encuentran restos de óxido ni sobre el filamento ni en la base de éste, la bombilla se encontraba apagada en el momento del accidente.

c) Presencia de cristal fundido. Puede ocurrir que, al fraccionarse el cristal, algún trozo caiga sobre el filamento incandescente y llegue a fundirse, formando unas pequeñas bolitas sobre el filamento. En este caso, quedaría claro que la bombilla se encontraba encendida en el momento de la colisión.



Lámpara de xenon.

Restos de ácido de batería sobre el soporte.

### 4.2.5 Inspección de las bombillas para determinar la dirección del impacto

La deformación que presenta el filamento de las bombillas puede dar indicios sobre la dirección del impacto en el momento del accidente.

Cuando un vehículo sufre un impacto frontal, se produce una deceleración brusca, lo que supondrá una deformación del filamento en sentido contrario al golpe.

Cuando la bombilla posea dos filamentos, el que esté encendido se deformará en mayor medida que el que esté apagado.

Los filamentos de las bombillas se oxidan hasta un segundo después de haberse apagado y se pueden deformar hasta varios segundos después de apagarse.

Esta propiedad puede aplicarse al caso de los intermitentes para saber si se encontraban accionados o no en el momento del accidente.

## 4.3. Ruedas

La rueda es el elemento de contacto entre el vehículo y el suelo. Sufre continuas deformaciones para mantenerse adherida a la carretera, debido a las irregularidades del terreno y a que transmite las fuerzas de frenado, aceleración y guiado. Además, acusa directamente muchas de las anomalías o desajustes que se producen en el sistema de dirección-suspensión, por lo que es fundamental comprobar regularmente su estado.

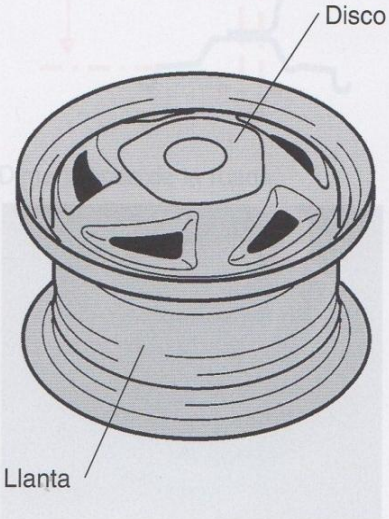
### 4.3.1. La rueda

Una rueda es una pieza compleja, formada por varios elementos: llanta, cubierta, cámara y aire.

#### 4.3.1.1. La llanta

La llanta es el componente giratorio que soporta la carga y está situada entre la cubierta y el eje. Sobre ella se monta la cubierta; el disco va soldado a la llanta, permitiendo la fijación del conjunto sobre el buje del vehículo. Recibe el movimiento de la transmisión y soporta la cubierta.

Las ruedas se pueden fabricar en acero estampado o en aleación ligera. Las fabricadas en acero se construyen con dos piezas, la llanta y el disco, ambas de chapa de acero, unidas entre sí.



Partes que forman una rueda.

Rueda.

El disco dispone de una zona de amarre o apoyo para sujetar el conjunto al buje. Presenta un agujero central para dar paso al cubo del buje y una serie de taladros para la fijación de la rueda.

En la periferia de los discos se sitúan una serie de ventanas, con el objeto de facilitar la refrigeración de los frenos.

En la llanta, la rueda también dispone de una abertura, para dar acceso a la válvula de inflado del neumático.

Las ruedas de aleación ligera (aluminio y magnesio) se fabrican en una sola pieza. De esta forma son más ligeras y, por tanto, disminuyen los efectos de la inercia durante la marcha.

Llanta de aleación ligera.

- **Descripción de la llanta**

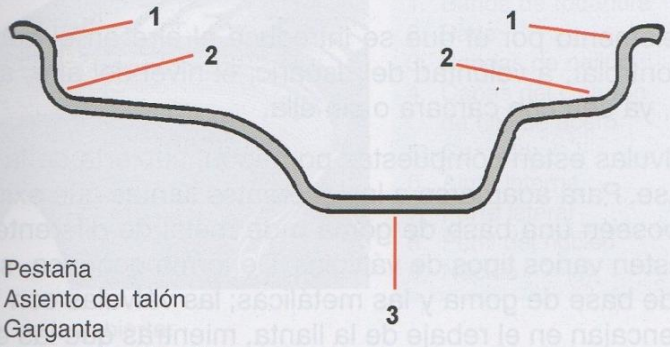
Las llantas se diferencian por la forma de su perfil, que está adaptado para alojar la cubierta. Este perfil se encuentra formado por unas pestañas laterales, en las que se apoya el talón de la cubierta; una zona plana, donde asienta el talón, y la base, en la que descansa la punta del talón. Una o varias letras definen el perfil de la llanta (H, H2, FH, FL, CP y CH).

Indicación de la llanta.

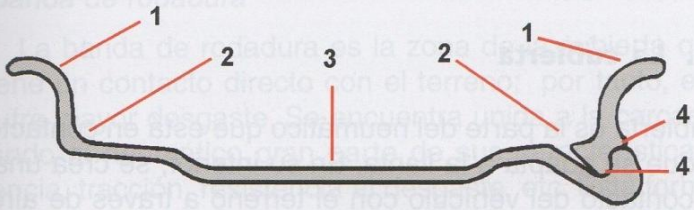
Perfil de la llanta.

Suele haber dos rebordes en el perfil de la llanta, uno en la parte interior y otro en la exterior, que deben evitar que el talón se desplace al interior de la base de la llanta, en el caso de una carga transversal y de una presión de inflado excesivamente reducida.

La llanta se divide en distintas partes: la pestaña proporciona soporte lateral al neumático; el asiento del talón habilita un soporte radial al neumático; la garganta permite el montaje y desmontaje de los talones del neumático sobre la pestaña de la llanta; la ranura de retención de la llanta, en la que encajan sus piezas, y el agujero de la válvula, o ranura en la llanta, que aloja la válvula para inflar el neumático.



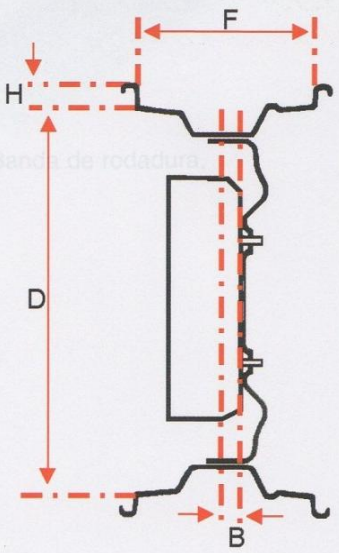

1. Pestaña
2. Asiento del talón
3. Garganta
4. Ranura de retención




Partes de la llanta.

Las dimensiones de la llanta están normalizadas. Vienen determinadas por las siguientes medidas:

- Bombeo (B): distancia del plano de rodamiento al plano de la cara de apoyo del disco sobre el buje.
- Diámetro nominal (D): corresponde a la circunferencia de los asientos del talón, medida en cualquiera de los vértices.
- Anchura (F): es la cota o distancia del perfil de la llanta comprendida entre los dos vértices formados por los asientos del talón y las pestañas.
- Altura de la pestaña (H): corresponde a la semidiferencia entre el diámetro máximo o exterior de la llanta y el diámetro nominal.

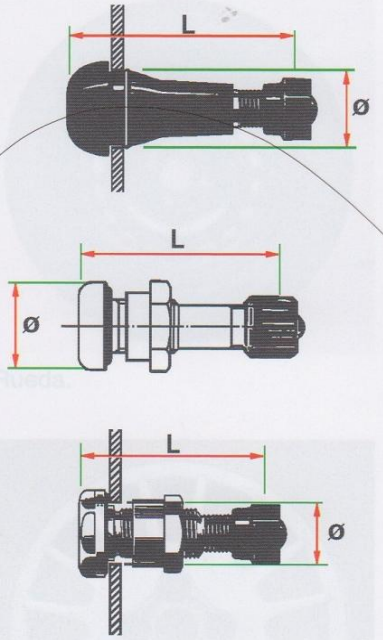



Dimensiones de la rueda.

Todas las llantas y ruedas deberán estar marcadas de forma legible e indeleble con sus dimensiones. El marcado ha de ser visible con el neumático inflado y montado.

La notación o consignación de las llantas se indica en la norma UNE 69 001-78:

| NOTACIÓN | ANCHURA DE PERFIL EN PULGADAS | FORMA DE LA PESTAÑA | DIÁMETRO DE LA LLANTA EN PULGADAS |
|---|---|---|---|
| 4,5J × 12 | 4,5 | J | 12 |
| 4,00 × 12 | 4 | — | 12 |
| 6,00 S-20 | 6 | S | 20 |
| 8,5 - 20 | 8,5 | — | 20 |




Distintos tipos de válvulas.

- **La válvula**

Es el elemento por el que se introduce el aire en el neumático; permite controlar, a voluntad del usuario, el nivel del aire, su salida o entrada, ya sea con cámara o sin ella.

Las válvulas están compuestas por tapón, cubierta de la válvula, obús y base. Para adaptarse a las diferentes llantas que existen, las válvulas poseen una base de goma o de metal de diferentes longitudes. Existen varios tipos de válvulas. De forma genérica, se distinguen las de base de goma y las metálicas; las válvulas con base de goma se encajan en el rebaje de la llanta, mientras que las de la base de metal, se enroscan.

### 4.3.1.2. La cubierta

La cubierta es la parte del neumático que está en contacto con el suelo y que se adapta a la llanta. En su interior, se crea una superficie de contacto del vehículo con el terreno a través de aire a presión, ya sea con cámara o sin ella.

Cubierta.

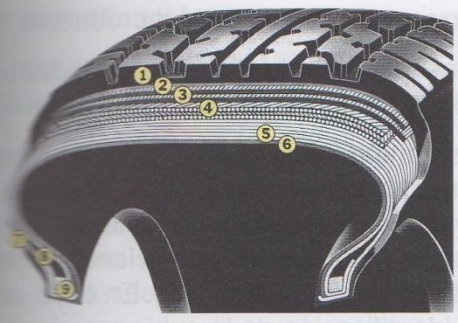
- **Partes constructivas**

— *Carcasa o armazón*

Aporta resistencia y flexibilidad al neumático; retiene la presión de inflado y soporta los esfuerzos exteriores. Está formada por capas superpuestas de tejido con cuerdas engomadas y cruzadas unas con otras para dar resistencia al conjunto.

— *Capas de rodadura*

Son bandas que se interponen entre la banda de rodadura y el armazón para absorber los esfuerzos internos generados por los impactos que recibe la cubierta. Hay una lámina de goma, o cojín, que se dispone entre estas capas y la banda de rodadura. Sirve de unión entre ambas zonas, contribuyendo también a la absorción de impactos.



1. Banda de rodadura
2. Base
3. Bandas de nailon
4. Capas del cinturón de hilo de acero
5. Carcasa
6. Alma interna
7. Parte lateral
8. Perfil del núcleo
9. Núcleo

Estructura de la cubierta.

— *Banda de rodadura*

La banda de rodadura es la zona de la cubierta que mantiene un contacto directo con el terreno; por tanto, es la que sufre mayor desgaste. Se encuentra unida a la carcasa, aportando al neumático gran parte de sus características: adherencia, tracción, resistencia al desgaste, etc. Está formada por una gruesa capa de goma, en la que se practican una serie de ranuras o surcos, que dan origen al dibujo de la cubierta. Gracias al dibujo, la cubierta adquiere agarre en los distintos terrenos.

En el fondo de las ranuras o surcos se encuentran los indicadores de desgaste. Su aparición revela la necesidad de reemplazar las cubiertas, como se recoge en el Real Decreto 1625/1992, de 29 de diciembre, que regula la profundidad de las ranuras de los neumáticos (1,6 mm) de algunos tipos de vehículos a motor y sus remolques.

Banda de rodadura.

## • Forma de la cubierta

La cubierta, por su forma, consta de cima, hombros, flancos y talones.

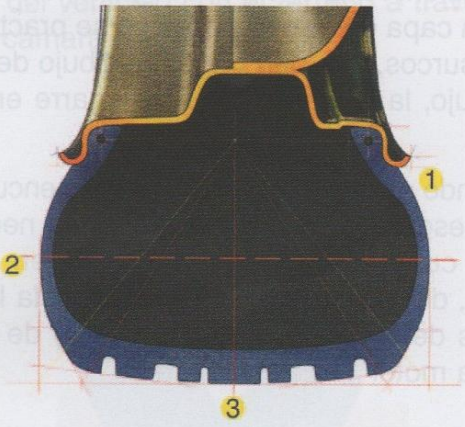
Partes de una cubierta.

— *Cima:* Es la zona que corresponde a la banda de rodadura.

— *Hombros:* Son los extremos laterales de la banda de rodadura. Forman la zona de unión con los flancos de la cubierta.

— *Flancos:* Son las partes comprendidas entre los hombros y los talones. Deben poseer buena resistencia mecánica, ya que han de soportar la carga y las diversas flexiones a las que se ve sometido el neumático; a su vez, serán lo suficientemente flexibles para ayudar a la suspensión del vehículo. En ellos, se graban los signos para la identificación de la cubierta.

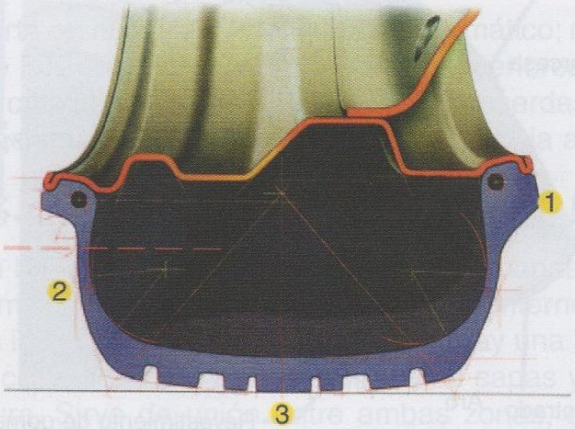
— *Talones:* Están diseñados para fijar la cubierta a la llanta. El talón está compuesto por un aro de acero de elevada resistencia a la tracción, unido a la carcasa, que impide el aumento de diámetro de la cubierta, sujetándola firmemente a la llanta e impidiendo que gire. Su perfil debe adaptarse perfectamente a la llanta para hacer hermético el interior del neumático y evitar la pérdida de aire en los neumáticos *tubeless* (sin cámara).




1. Talón
2. Flanco
3. Cima

Enganche de un neumático actual.

Otros sistemas de enganche, como el Pax System, poseen un bloqueo mecánico, que traduce cualquier esfuerzo ejercido sobre el neumático en una tensión dentro de la carcasa, que refuerza el bloqueo, incluso sin presión.




1. Talón
2. Flanco
3. Cima

Enganche de un neumático Pax System.

## • Identificación de cubiertas

La fabricación de las cubiertas está sujeta a una serie de normas internacionales para clasificarlas e identificarlas comercialmente:

— *Dimensiones (S, H y Ø):* «S» es el ancho aproximado entre flancos, cuando la cubierta está montada en la llanta recomendada e inflada a su presión normal; «H» representa la altura del neumático; «Ø» es el diámetro de la llanta, medido desde los talones de apoyo de las cubiertas.

— *Serie de la cubierta:* es la relación existente entre la altura y la anchura (Serie = (H/S) x 100). Así, cuando en una cubierta aparece 195/60 14, indica que tiene un ancho (S) de 195 mm, una relación altura/anchura de 0,60 y un diámetro (Ø) entre talones de 14 o, lo que es lo mismo, para montar en una llanta de 14 pulgadas (1 pulgada equivale a 25,4 mm).

Dimensiones, construcción y características de servicio.

Un neumático Pax System se diferencia del neumático actual en que sus dimensiones se expresan en milímetros. Así, un neumático 205-650 R 440 A indicará: «205» como la anchura del neumático; «650», el diámetro exterior de la cubierta; «R», de estructura radial; «440», el diámetro interior normalizado y «A», el identificador del Pax System.

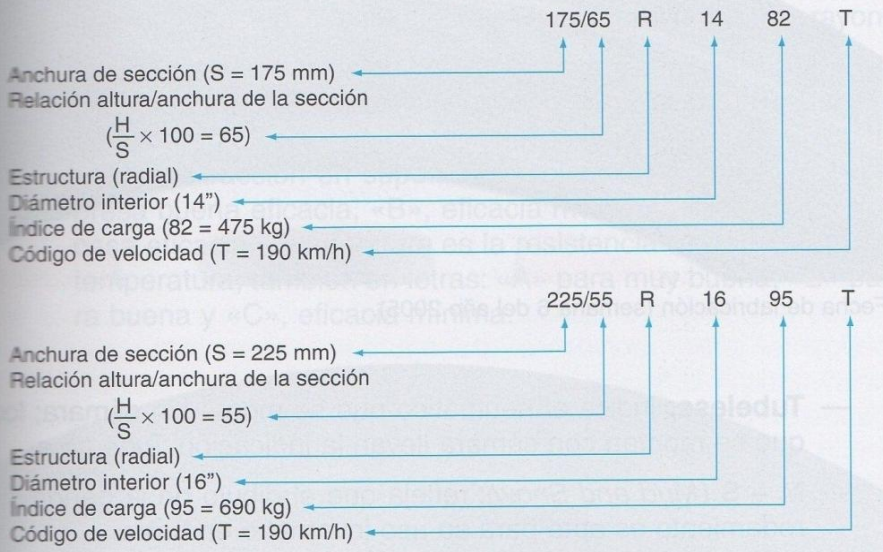
— Construcción: la letra «R» indica que la carcasa tiene una estructura radial; la letra «D» representa que la carcasa tiene una construcción diagonal.

— Características de servicio: dadas por el Índice de carga, que indica las condiciones de carga máxima por rueda (86 = 530 kg) y el código de velocidad (letra), que indica la velocidad máxima a la que se puede someter ese neumático («V» = 240 km/h).

| ÍNDICE DE CARGA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Índice de carga | Carga por neumático (kg) | Índice de carga | Carga por neumático (kg) | Índice de carga | Carga por neumático (kg) |
| 62 | 265 | 84 | 500 | 106 | 950 |
| 63 | 272 | 85 | 515 | 107 | 975 |
| 64 | 208 | 86 | 530 | 108 | 1000 |
| 65 | 290 | 87 | 545 | 109 | 1030 |
| 66 | 300 | 88 | 560 | 110 | 1060 |
| 67 | 307 | 89 | 580 | 111 | 1090 |
| 68 | 315 | 90 | 600 | 112 | 1120 |
| 69 | 325 | 91 | 615 | 113 | 1150 |
| 70 | 335 | 92 | 630 | 114 | 1180 |
| 71 | 345 | 93 | 650 | 115 | 1215 |
| 72 | 355 | 94 | 670 | 116 | 1250 |
| 73 | 365 | 95 | 690 | 117 | 1285 |
| 74 | 375 | 96 | 710 | 118 | 1320 |
| 75 | 387 | 97 | 730 | 119 | 1360 |
| 76 | 400 | 98 | 750 | 120 | 1400 |
| 77 | 412 | 99 | 775 | 121 | 1450 |
| 78 | 425 | 100 | 800 | 122 | 1500 |
| 79 | 437 | 101 | 825 | 123 | 1550 |
| 80 | 450 | 102 | 850 | 124 | 1600 |
| 81 | 462 | 103 | 875 | 125 | 1650 |
| 82 | 475 | 104 | 900 | | |
| 83 | 487 | 105 | 925 | | |

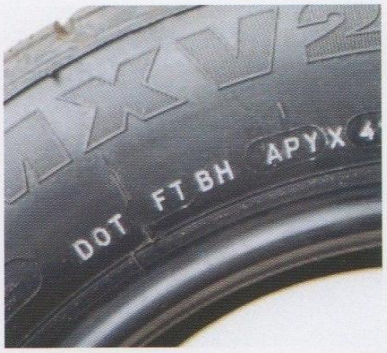
| CÓDIGOS DE VELOCIDAD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Código de velocidad | Velocidad en km/h | Código de velocidad | Velocidad en km/h | Código de velocidad | Velocidad en km/h |
| A1 | 5 | E | 70 | S | 180 |
| A2 | 10 | F | 80 | T | 190 |
| A3 | 15 | G | 90 | U | 200 |
| A4 | 20 | J | 100 | H | 210 |
| A5 | 25 | K | 110 | V | 240 |
| A6 | 30 | L | 120 | W | 270 |
| A7 | 35 | M | 130 | Y | 300 |
| A8 | 40 | N | 140 | VR | >210 |
| B | 50 | P | 150 | ZR | >240 |
| C | 60 | Q | 160 | | |
| D | 65 | R | 170 | | |

Con la finalidad de facilitar la identificación de estos códigos, se indican varios ejemplos de diferentes neumáticos:




— Las **siglas DOT** (*Department of Transportation*) indican que el neumático cumple la normativa de seguridad de las autoridades de tráfico de Australia, Canadá y Estados Unidos. A su vez, se ajusta a las normativas de seguridad internacionales.

Las dos primeras letras de los códigos DOT, «FT» identifican la fábrica de producción, «BH», el código de la dimensión del neumático; y las restantes, «APYX», el código del tipo de neumático.



Código DOT.

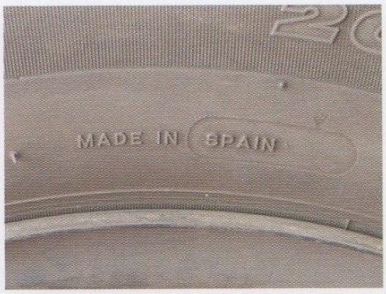
— El **número de homologación** (E2 029516) especifica que la cubierta está conforme a los reglamentos comunitarios. La letra «E», seguida de un número, indica el país de homologación, los dos siguientes números (02) la revisión del Reglamento nº 30 ó 54, y el resto (9516), el número de homologación.

Número de homologación.

— **País de homologación** (*Made in...*) indica el país donde se ha fabricado la cubierta.

— **Homologación de uso** (por ejemplo, DGM 10.000 N/h4) certifica que la cubierta está homologada para un uso concreto (agua, nieve, etc.), en un determinado país.

— **Fecha de fabricación.** Antes del año 2000, estaba representada por tres números (495); los dos primeros indican la semana de fabricación (49) y, el último número, el año (5). En el caso de que figurase un triángulo tumbado al lado del último número, identificaba la década de los 90 (es decir, el neumático habría sido fabricado en 1995). Actualmente, la fecha de fabricación está compuesta de cuatro números (0605); los dos primeros indican la semana de fabricación, mientras que los dos últimos, el año (2005).



País de homologación.

Fecha de fabricación (semana 6 del año 2005).

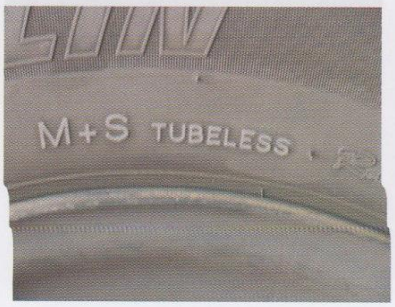
— **Tubeless:** indica el neumático que se monta sin cámara; los que se montan con cámara llevan la indicación *Tube type.*

— **M + S** (*Mud and Snow*): refleja que el dibujo de la banda de rodamiento es apto para su uso invernal o en barro.

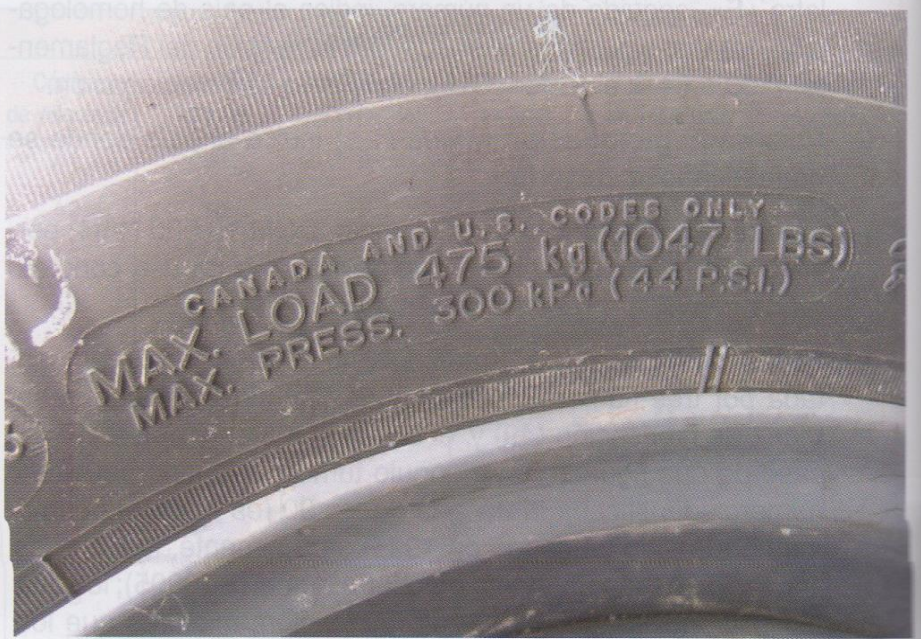
— **Reinforced**, neumático de estructura reforzada.

— **TWI o BIB**, indicador de desgaste que se coloca entre los surcos de la banda de rodamiento. Su posición en el flanco refleja en qué lugar está colocado.

— **Carga y presión** (*Max Load*): es la carga máxima que se le puede aplicar al neumático, en libras (1 LBS = 0,453 kg). La presión máxima que se puede aplicar en frío está dada en PSI (1 PSI = 0,0703 bares) (PSI = *pounds per square inches*, libras por pulgada cuadrada). Así, cuando el Max Load sea 1.047 LBS AT 44 PSI MAX, significa que la carga máxima admitida es de 1.047 libras y la presión máxima admisible en frío es de 44 PSI.




Neumático para nieve, sin cámara.




Carga y presión.

— **Composición** (*Plies*): muestra de qué está compuesto el material y las telas. *Tread* 1 *Rayon* + 2 *Steel*, se refiere a que la cintura está formada por 1 capa de hilo de rayon y otras 2 de cables de acero. Cuando figure *Sidewall* 1 *Rayon*, quiere decir que la carcasa está compuesta por una capa de hilo de rayon.

— **Calidad del neumático** (UTQG): este sistema clasifica los neumáticos. *Treadwear* indica, mediante cifras, la distancia que podrán recorrer en condiciones normales de uso. *Traction* refleja la tracción en superficies mojadas, en letras: «A» expresa buena eficacia, «B», eficacia media, y «C», poca o escasa eficacia. *Temperature* es la resistencia al incremento de temperatura, también en letras: «A» para muy buena, «B» para buena y «C», eficacia mínima.

Composición del neumático.

Calidad.

## 4.3.2. Equivalencia de los neumáticos

Según el Real Decreto 736/1988 B.O.E. nº 170, los neumáticos se deben sustituir por otros iguales a los de homologación o equivalentes. Neumáticos equivalentes son aquellos que reúnen, al mismo tiempo, las siguientes condiciones:

1.º Igual diámetro exterior, con las tolerancias definidas en los Reglamentos de Homologación de Neumáticos, anexos al Acuerdo de Ginebra.

2.º Índice de capacidad de carga igual o superior.

3.º Código de categoría de velocidad igual o superior.

En todos los casos:

- El neumático no debe interferir con otras partes del vehículo.
- El perfil de llanta de montaje debe corresponderse con los neumáticos.

## 4.4. Sistemas de seguridad pasiva

Al producirse una colisión, el cuerpo humano se ve sometido a unas fuerzas de inercia, que tienden a impulsarlo hacia elementos del propio vehículo, y que pueden ocasionarle serias lesiones.

Los fabricantes de vehículos se preocupan, cada vez más, por incrementar los niveles de seguridad, desarrollando avanzados sistemas de protección, muchos de ellos gestionados de forma electrónica.

Estas medidas para aumentar la seguridad pasiva van encaminadas a reducir las fuerzas y aceleraciones que actúan sobre los ocupantes en un accidente, a asegurarles un espacio vital de supervivencia y a que su desplazamiento dentro del habitáculo esté dentro de un límite.

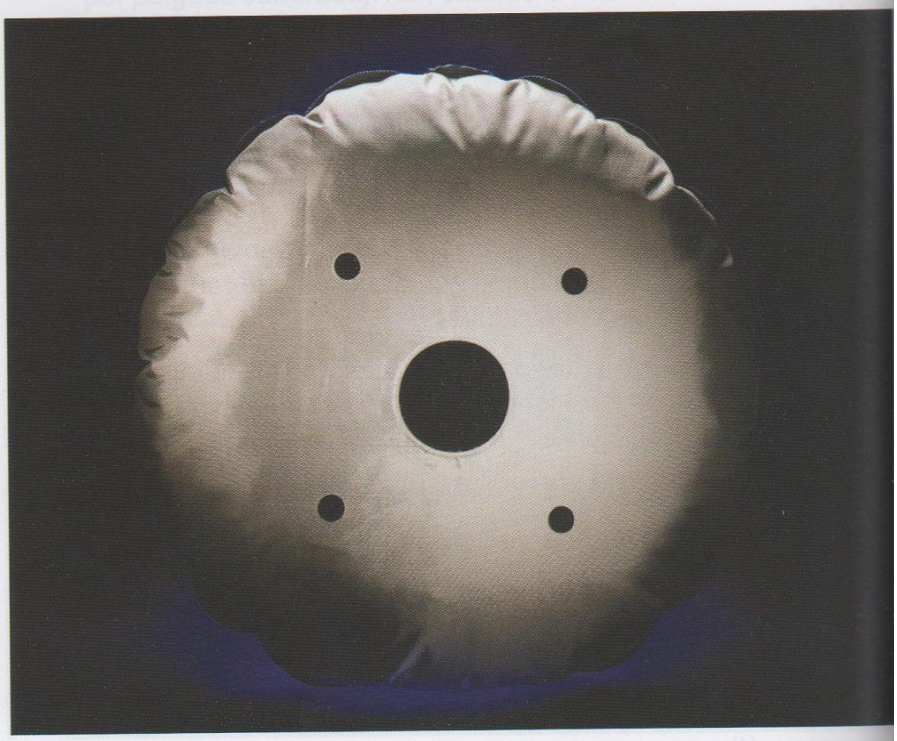
De esta forma, el fabricante tendrá en cuenta, entre otros muchos factores, el comportamiento de la carrocería y el movimiento de los ocupantes del vehículo en el momento de la colisión.

En definitiva, todos los elementos del automóvil destinados a minimizar las consecuencias de un accidente, constituyen la denominada "seguridad pasiva".

De entre los elementos de seguridad pasiva más importantes que están controlados electrónicamente existen:

— Pretensores de cinturones.

— Airbags frontales, laterales y de cortina.



Airbag.

Por ello, cuando un vehículo ha sufrido un siniestro y no se han activado estos sistemas, es muy importante analizar la mecánica del accidente y la violencia del golpe, ya que no siempre deberán activarse.

### 4.4.1. Pretensores y airbags frontales. Principios de activación

Los cinturones con pretensores son los elementos de seguridad pasiva claves para impedir lesiones graves tras un accidente. En una colisión, son capaces de retener al usuario antes de que comience su movimiento hacia adelante, disminuyendo así los riesgos de impacto del cuerpo contra el volante o el tablero de a bordo. La función de los pretensores es tensar los cinturones para ajustarlos contra el cuerpo, consiguiendo, de esta manera, eliminar las holguras que hay entre ambos. El cinturón ejerce su efecto de retención desde el primer instante del golpe, ganando unas milésimas de segundo que, en esta situación, son vitales.

El airbag es, básicamente, una bolsa de aire que se hincha rápidamente en caso de accidente, llenando el espacio existente entre el ocupante del vehículo y el volante o salpicadero, en los airbags frontales, y entre el ocupante y la puerta, en los airbags laterales. De este modo, este sistema de seguridad pasiva evitará o minimizará lesiones en la cabeza y en el tórax.

El sistema airbag frontal está diseñado para que se dispare solamente en caso de choque básicamente frontal, al producirse una fuerte deceleración longitudinal.

Adicionalmente, lleva un mecanismo de seguridad para evitar su activación innecesaria, como sucede en accidentes leves o situaciones de conducción extrema. El sistema no se activa ante un vuelco.

La carrocería de un vehículo está diseñada para que, ante una colisión, sea capaz de amortiguar el impacto, absorbiendo la energía cinética del vehículo para transformarla en energía de deformación y reducir, en parte, la deceleración que se experimenta en el interior del habitáculo. Para conseguir este comportamiento, la carrocería está formada por diversas partes con diferentes funciones desde el punto de vista de la protección y la seguridad pasiva:

— Piezas exteriores de función estética, tales como aletas, capó, etc., fácilmente deformables ante impactos de pequeña intensidad, que no llegan a transmitir una fuerte aceleración al habitáculo.

— Estructura de deformación programada, constituida por largueros, pases de rueda, etc., cuya misión es absorber, de manera controlada, la energía de una colisión, deformándose por zonas previamente estudiadas, con el fin de transmitir la menor deceleración posible al interior del habitáculo y, por lo tanto, a los ocupantes.

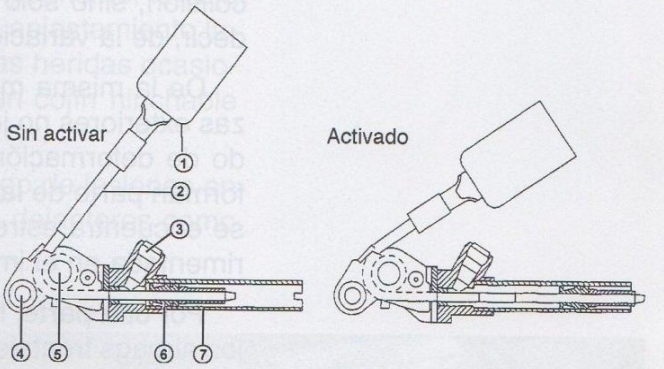
— Estructura de seguridad rígida, formada por el habitáculo del vehículo. Preserva un espacio de supervivencia a los ocupantes, si éste se redujese se incrementaría el riesgo de golpes directos.

Por lo tanto, ante una colisión severa, será la estructura de deformación programada, principalmente, la encargada de absorber la energía originada por el impacto. Por su parte, los cinturones de seguridad tradicionales se encargarán de limitar y detener el desplazamiento de los ocupantes hacia adelante para evitar los golpes contra las partes del habitáculo.

Pretensores pirotécnicos.

Los sistemas de seguridad suplementarios para impactos frontales son concebidos para que actúen en aquellas colisiones que transmiten al habitáculo una fuerte deceleración longitudinal, ofreciendo una protección adicional a la del cinturón de seguridad. El objetivo es evitar lesiones graves, con peligro de muerte, como consecuencia de golpes directos en la cabeza y en el tórax.

El funcionamiento, tanto de los airbags frontales como de los pretensores pirotécnicos de los cinturones de seguridad, está controlado por una unidad electrónica, situada en el interior del habitáculo, que registra constantemente la deceleración a la que se ve sometido dicho el habitáculo.




1. Hebilla del cinturón
2. Cable
3. Encendedor y generador de gas
4. Fijación del armazón al asiento
5. Polea
6. Pistón con sistema antirretorno
7. Cilindro del pretensor

Funcionamiento del pretensor pirotécnico eléctrico.

El módulo electrónico determina, en función de dicha deceleración, si es necesario o no el disparo de los sistemas de retención suplementarios.

Estos sistemas actúan por fases o niveles. Si la deceleración detectada no es superior a un primer umbral, prefijado mediante ensayos para cada tipo de vehículo, el módulo electrónico de control decidirá no activar ninguno de los dos sistemas. Entendería que es suficiente con la protección que ofrecen los cinturones de seguridad tradicionales, ya que con la limitación del desplazamiento que provocan es posible evitar que los ocupantes golpeen con su cabeza o tórax contra el volante o salpicadero.

Si la deceleración longitudinal detectada rebasa ese primer umbral, la unidad electrónica de control enviará una señal eléctrica para provocar la activación de los pretensores pirotécnicos de los cinturones, recogiendo dichos cinturones varios centímetros y eliminando las holguras que pudieran existir entre el cinturón y el

cuerpo del ocupante. De este modo, se limita el desplazamiento hacia adelante de los ocupantes, reduciendo o evitando el riesgo de golpes directos.

Si la deceleración longitudinal detectada es superior a un segundo nivel, originada por una colisión frontal de gran intensidad, la unidad electrónica de control determina la necesidad de activar los airbags frontales. Por lo tanto, la misión de estos cojines inflables es amortiguar el golpe de la cabeza o del tórax contra los elementos interiores sólo en aquellos casos en los que la protección que ofrecen los otros elementos es insuficiente.

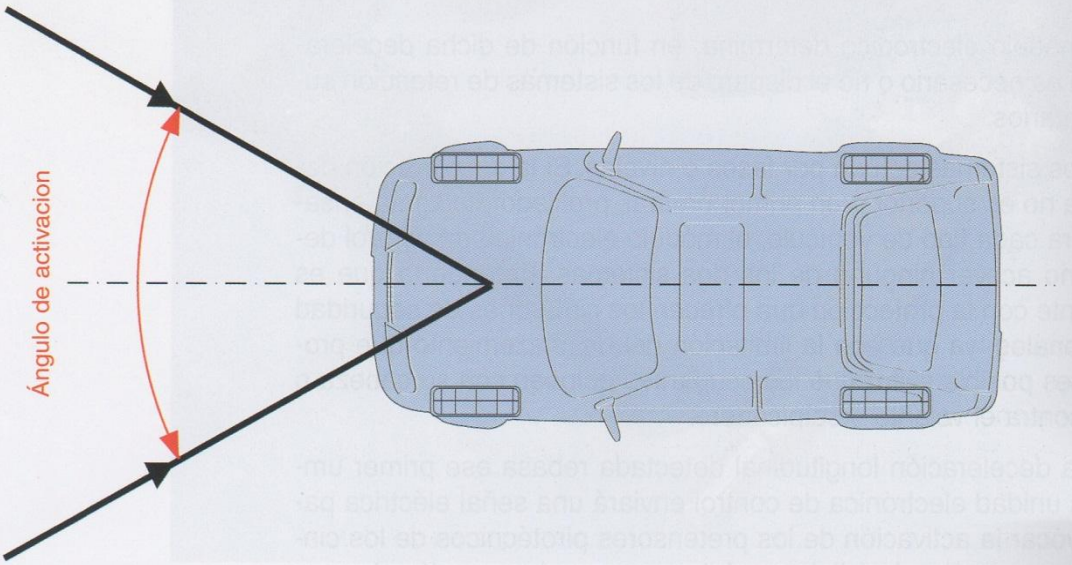
Hay que destacar que la activación, tanto de los airbags como de los pretensores, no depende de la velocidad a la que se produce la colisión, sino sólo de la deceleración sufrida durante la misma, es decir, de la variación de velocidad en su transcurso.

De la misma manera, unas deformaciones acusadas en las piezas exteriores no justifican la activación de este sistema, sino el grado de deformación longitudinal, en compresión, de las piezas que forman parte de la estructura de deformación programada, lo cual sí se encuentra estrechamente relacionado con la deceleración experimentada en el impacto.

Por otra parte, hay que reiterar que el diseño y funcionamiento de los airbags frontales está concebido para reducir las lesiones que pudieran ocasionarse los ocupantes como consecuencia de golpearse, con peligro de muerte, en zonas vitales como el cráneo y el tórax.

Para que en un impacto se produzca la activación del airbag frontal del conductor es necesario que se den, a la vez, las dos circunstancias siguientes:

1. La dirección del impacto debe estar comprendida dentro del ángulo de activación que se encuentra definido en el siguiente dibujo.




Ángulo de activación de los airbags frontales.

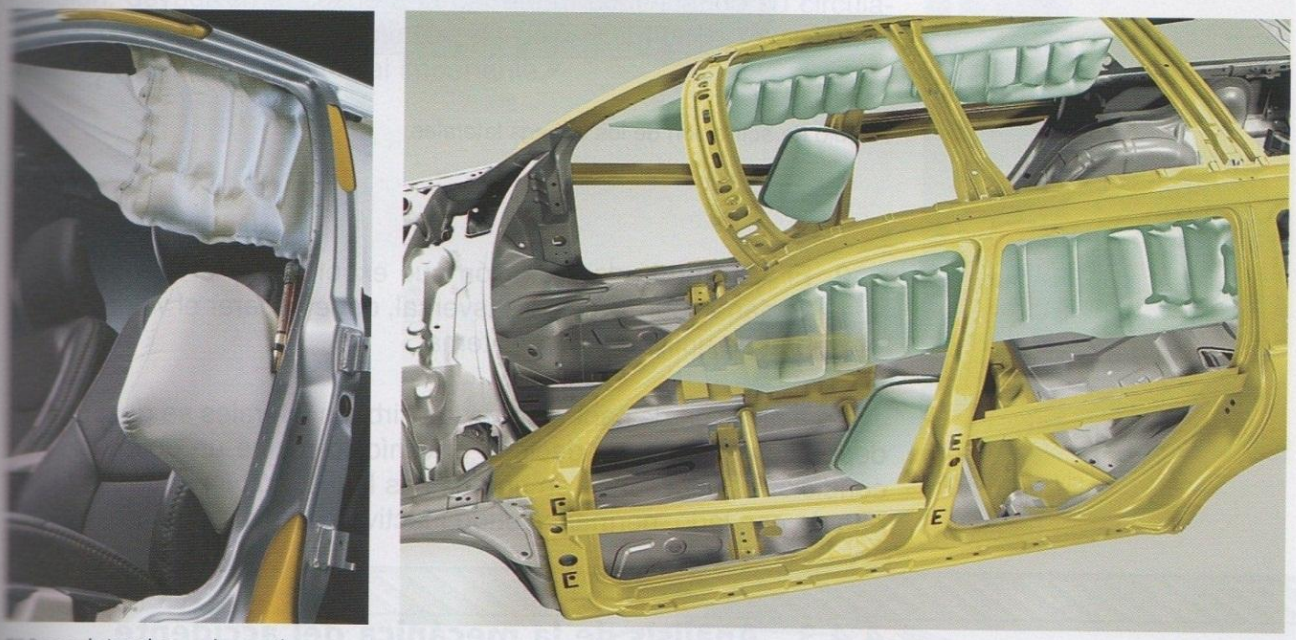
2. El valor de la deceleración que experimente el vehículo, proyectada sobre su eje longitudinal, debe superar el valor del umbral de activación del sistema.

Las circunstancias que deben darse para que se produzca la activación de los pretensores de los cinturones de seguridad delanteros son similares a las del airbag frontal; si bien, el valor de la deceleración necesaria es inferior.

### 4.4.2. Airbags laterales y de cortina

La finalidad del airbag lateral es proteger, principalmente, la caja torácica y las caderas de las consecuencias de un aplastamiento lateral. De esta manera, se reducen notablemente las heridas ocasionadas en los choques laterales, al interponerse un cojín hinchable entre la puerta y el pasajero.

Por su parte, el airbag de cortina reduce el riesgo de lesiones en la cabeza de los ocupantes de los asientos, tanto delanteros como traseros, en caso de impacto lateral.

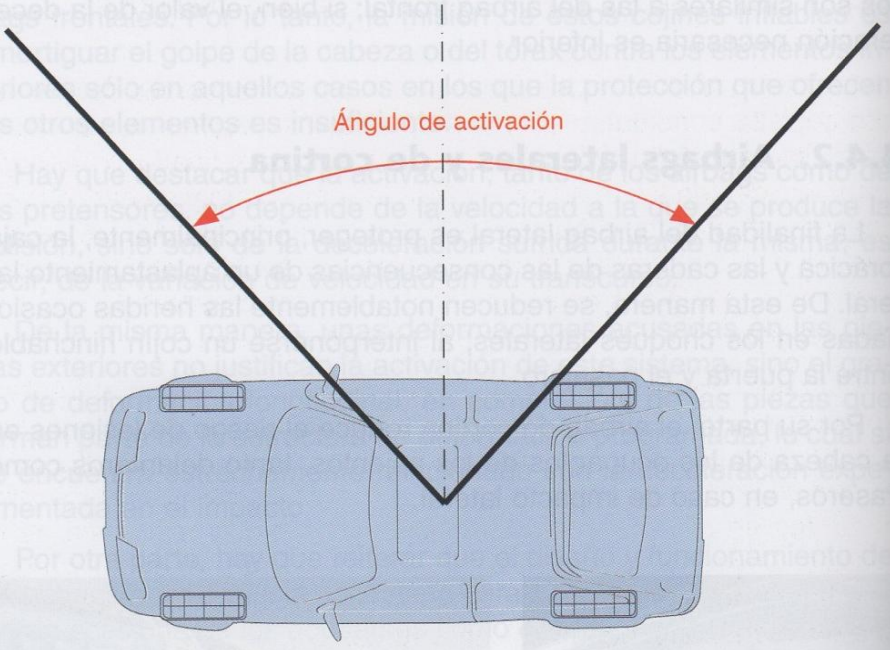


Airbags laterales y de cortina.

Los airbags laterales sólo se activarán ante impactos laterales, y no entran en funcionamiento en colisiones que no sean laterales, o cuya componente en la dirección transversal del vehículo no sea de importancia. Por lo tanto, no se activarán en golpes frontales, traseros o vuelcos.

De manera similar a los airbags frontales, para que se produzca la activación de los airbags laterales, es necesario que se presenten simultáneamente las dos condiciones siguientes:

1. La dirección del impacto debe estar comprendida dentro del ángulo de activación, definido en el siguiente dibujo.




Ángulo de activación de los airbags laterales.

2. El valor de la deceleración que experimente el vehículo, proyectada sobre su eje transversal, debe superar el valor del umbral de activación del sistema.

La activación de cada uno de los airbags laterales se gestiona independientemente; es decir, si el vehículo recibe un golpe con las condiciones necesarias en uno de sus lados, sólo se activará el airbag de ese lado, permaneciendo inactivo el del otro lateral.

## 4.4.3. Análisis de la mecánica del accidente

Cuando un vehículo ha sufrido un accidente, para determinar si se han dado las condiciones necesarias para que se produjera la activación de los airbags, deberemos fijarnos en dos apartados:

— Desplazamientos que sufre el vehículo durante el accidente hasta quedar detenido.

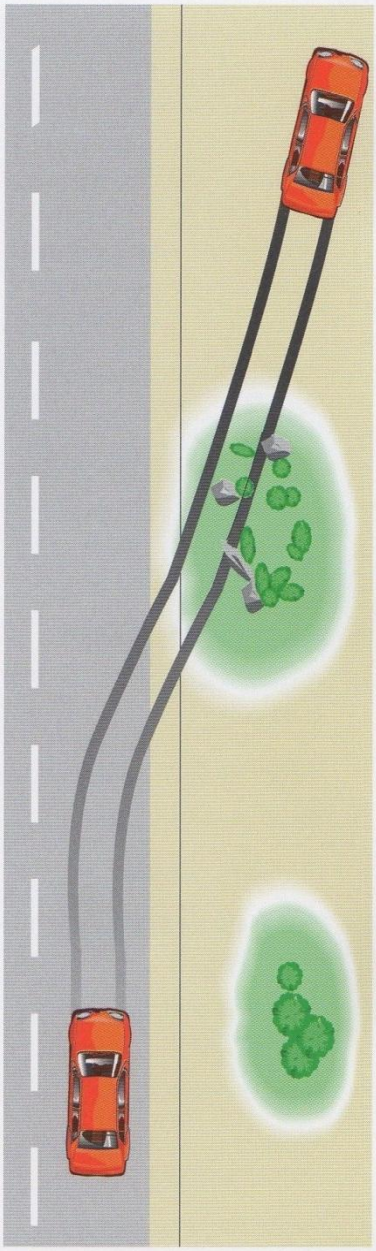
— Intensidad de los daños que presenta el vehículo, analizando piezas estructurales y deformaciones.

### 4.4.3.1. Desplazamiento que sufre el vehículo durante el accidente

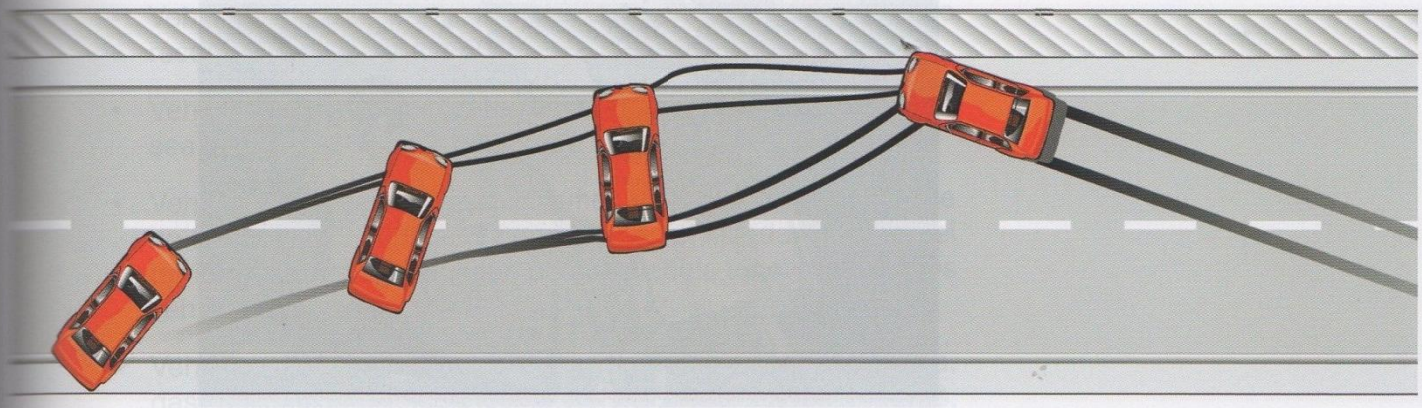
Como se ha indicado anteriormente, uno de los principios que hace activar los airbags es la deceleración que experimenta el vehículo durante el accidente. Por lo tanto, es importante analizar los movimientos que sufre durante el mismo y de qué manera se ha ido deteniendo.

En numerosas ocasiones, se pueden presentar vehículos que tienen dañado el frontal, afectando a paragolpes, rejillas, capó, radiadores, faros y pilotos y, sin embargo, no se han activado los airbags frontales, debido a que se han salido de la carretera y se han ido golpeando con piedras, arbustos, señales de tráfico, etc. Así, se ha dañado el frente del vehículo pero, a la vez, se ha ido deteniendo gradualmente, por lo que no se ha ocasionado una deceleración brusca que obligase a la activación de los airbags frontales.

Otro tipo de accidentes que suelen producir daños en el frente y no ocasionar grandes deceleraciones son las colisiones contra vallas o muros de hormigón, que están junto a la carretera y que ocasionan un golpe sesgado con cierta inclinación. Producen daños importantes en el fronto-lateral del vehículo y, por la mecánica de la colisión, devuelven al coche a la carretera, continuando su circulación hasta detenerse. En este tipo de golpes tampoco se ocasiona una deceleración longitudinal importante.



Salida de la vía.



Colisión contra un muro de contención.

### 4.4.3.2. Análisis de la intensidad de los daños estructurales del vehículo

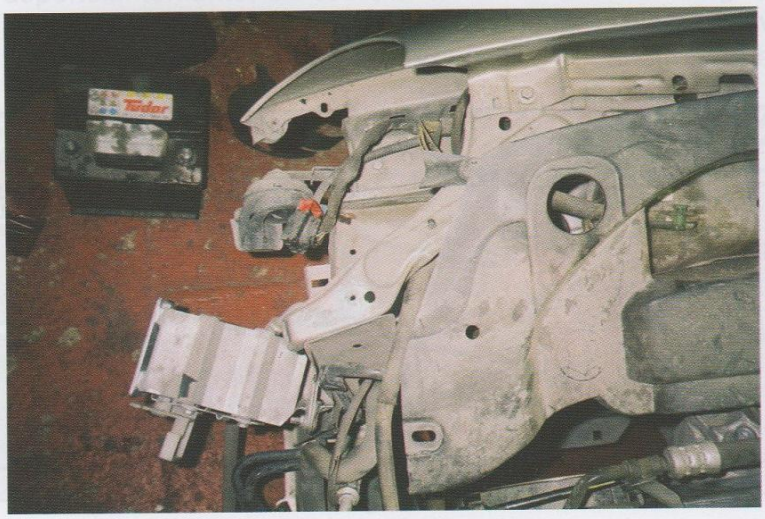
Para poder evaluar la intensidad del golpe que presenta un vehículo y determinar si ha sido de la suficiente entidad como para activar los airbags, hay que fijarse en ciertos elementos estructurales de la carrocería y comprobar la intensidad de las deformaciones.

Debe analizarse la deformación de la punta de los largueros y comprobar si se han deformado longitudinal o lateralmente, si han sufrido aplastamiento y si este aplastamiento ha sido absorbido por la zona fusible del larguero.

También se estudiará si la luna parabrisas, techo y montantes delanteros están afectados por el golpe, lo que daría una idea de la intensidad de la colisión.

Debe observarse, igualmente, el habitáculo interior, al objeto de comprobar si el volante y el salpicadero han sufrido deformaciones. Además, se comprobará si las puertas delanteras abren y cierran correctamente o si, por el contrario, están descuadradas.

Zona del larguero delantero izquierdo.



Vista de la punta del larguero delantero derecho.

## 4.5. Tacógrafos

Un tacógrafo es un aparato de control que se instala en ciertos vehículos de carretera para indicar y registrar, de manera automática o semiautomática, los datos relativos al recorrido y a la velocidad de los vehículos, así como los tiempos de actividad y descanso de sus conductores. Otras indicaciones que también pueden ser suministradas por el tacógrafo son el consumo de carburante, el número de revoluciones del motor o la velocidad.

### 4.5.1. Utilización del tacógrafo

La utilización del tacógrafo afecta a todos los conductores, asalariados o no, que conduzcan vehículos de más de 3,5 toneladas de Peso Máximo Autorizado (P.M.A.) y dedicados al transporte de mercancías. Asimismo, afecta a vehículos de más de 9 plazas (incluido el conductor) que se dedican al transporte de viajeros. Esta obligatoriedad también atañe al doble conductor o acompañante en transporte de vehículos. Esta norma afecta a los conductores que realicen transporte, público o privado, y que circulen por territorio nacional o de la U.E.

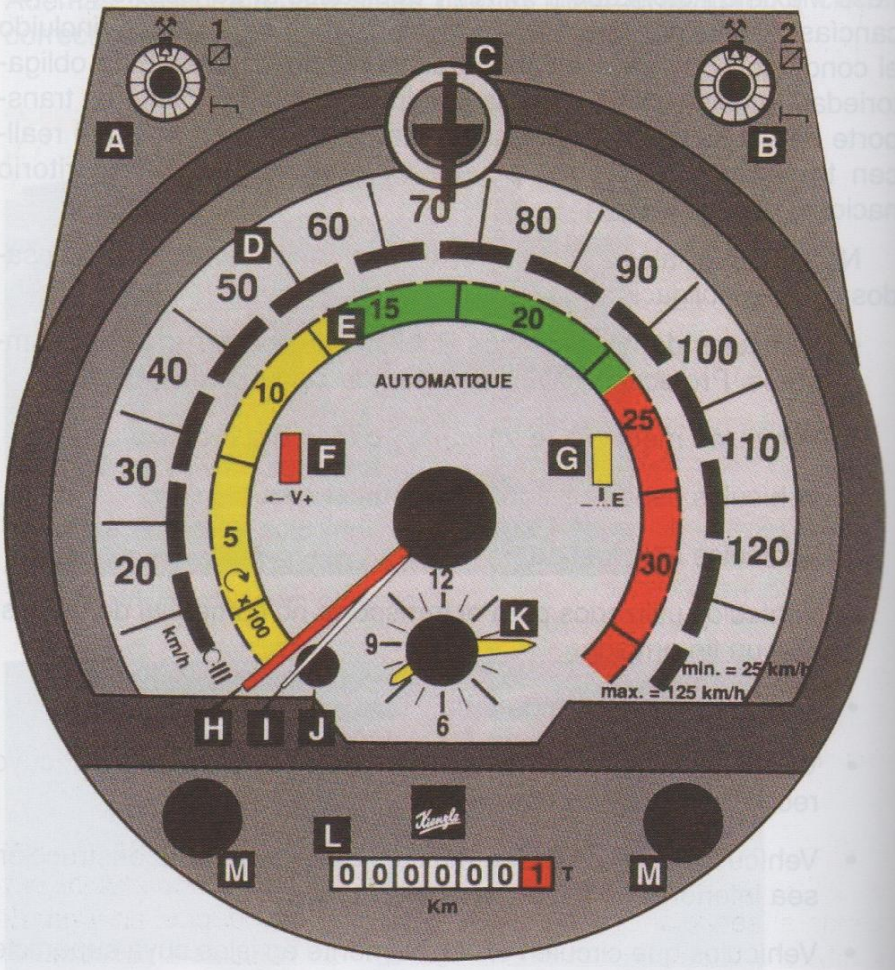
No obstante, algunos transportes por carretera están dispensados de esta obligación:

- Vehículos de los Servicios Públicos (Fuerzas Armadas, Bomberos, Protección Civil y Fuerzas de Seguridad).
- Vehículos médicos de salvamento o de urgencia.
- Vehículos especializados en reparaciones.
- Vehículos en pruebas.
- Vehículos utilizados para el transporte no comercial de bienes, con un fin privado.
- Vehículos de circo o de feria.
- Vehículos de transporte de viajeros en una línea regular, cuyo recorrido no supere los 50 km.
- Vehículos cuya velocidad máxima autorizada por construcción sea inferior a 30 km/h (tractores).
- Vehículos que circulen exclusivamente en islas cuya superficie no exceda los 2.300 km$^2$ y que no estén enlazadas al resto del territorio nacional por ningún puente, vado o túnel abierto a los vehículos de motor.
- Vehículos destinados a los servicios de alcantarillado, agua, gas, electricidad, telégrafos y teléfonos, retirada de basuras, envíos postales, radiodifusión, televisión, etc.

- Vehículos utilizados para la recogida de leche en las granjas o que lleven a éstas bidones de leche o productos lácteos destinados a la alimentación del ganado.
- Vehículos destinados al transporte de mercancías, cuyo Peso Máximo Autorizado (P.M.A.), incluido el peso del remolque o semirremolque, no supere los 3.500 kg.
- Vehículos utilizados como tiendas u operaciones ambulantes.
- Vehículos destinados al transporte de animales vivos, desde las granjas a los mercados locales y viceversa, o hasta los mataderos.

En la siguiente figura, se recoge la cara delantera del aparato, con la descripción de sus principales componentes:

A. Selector primer conductor
B. Selector segundo conductor
C. Cerradura de la caja
D. Escala de velocidades
E. Cuentarrevoluciones
F. Testigo de exceso de velocidad
G. Testigo de control de funcionamiento
H. Aguja de velocidad
I. Aguja de cuentarrevoluciones
J. Testigo de funcionamiento del reloj
K. Reloj
L. Cuentakilómetros totalizador
M. Otros emplazamientos posibles de los selectores



## 4.5.2. Elementos de un tacógrafo

Los principales componentes de un tacógrafo son:

— Disco de registro.

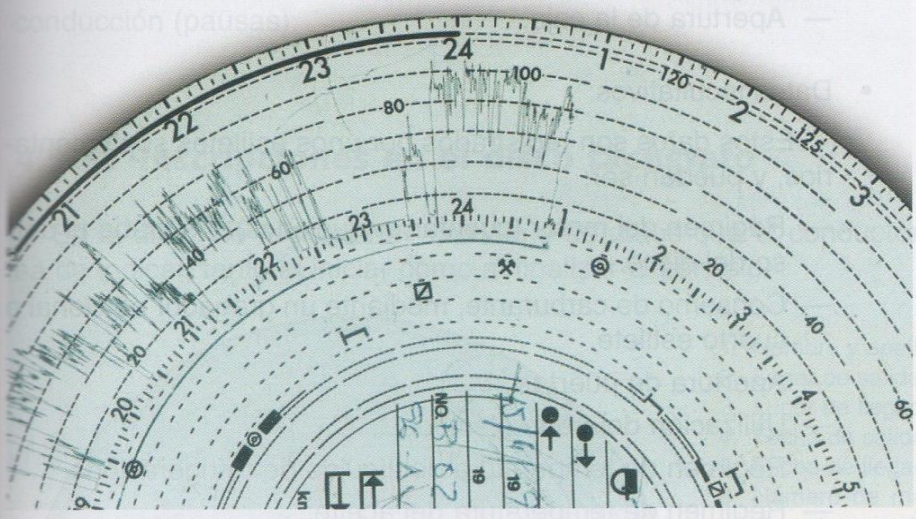
— Conmutador selector.

— Estiletes.

### • Disco de registro

Este documento está concebido para recibir y fijar los registros. Está fabricado con un papel especial, recubierto de una capa muy sensible. Unos dispositivos impresores (llamados estiletes) registran por presión, de manera continua y en el anverso del disco, los gráficos que se obtienen en función del tiempo. Los registros no pueden corregirse o borrarse sin producir daños en la capa sensible, por lo que sería fácilmente detectable cualquier manipulación.

El disco de registro ha de ser compatible con el modelo de tacógrafo en el que se instale.



Disco de registro.

El disco está concebido para una duración de 24 horas y puede ser utilizado cualquiera que sea la hora a la que el conductor emprenda el servicio. El disco está vinculado al conductor, en lugar de al vehículo. Cuando un conductor cambie de vehículo en el curso de su período diario de trabajo, debe llevar consigo el disco utilizado en el primer vehículo para colocarlo en el tacógrafo del que va a conducir. Deberá entonces mencionar, al dorso del disco y escrito a mano, el cambio de vehículo. El conductor debe conservar los discos de registro de la semana en curso, y la empresa ha de almacenarlos al menos un año después de su utilización.

- **Conmutador selector**

Es un selector con diferentes posiciones, que elegirá el conductor en función de la actividad que esté realizando en ese momento: conducción, trabajo distinto a la conducción, disponibilidad o descanso.

Puede ser automático o semiautomático.

- **Estiletes**

Son unas agujas, generalmente con punta de zafiro, que permiten grabar en el disco los datos registrados por el tacógrafo. Dichos datos pueden ser:

— Obligatorios.
— Facultativos.

- Datos obligatorios:
  - — Tiempo de conducción.
  - — Tiempo de trabajo distinto a la conducción.
  - — Tiempo de disponibilidad.
  - — Tiempo de descanso.
  - — Velocidad del vehículo.
  - — Distancia recorrida.
  - — Apertura de la caja.

- Datos facultativos:

Estos datos son registrados por unos estiletes suplementarios, y pueden ser:

  - — Régimen del motor (cuentarrevoluciones). Se graba al dorso del disco.
  - — Consumo de carburante, mediante un grabador adicional o cuarto estilete.
  - — Apertura de puertas.
  - — Utilización del freno eléctrico.
  - — Régimen de temperatura del líquido de refrigeración.
  - — Régimen de temperatura del aceite.

## 4.5.3. Grupos de tiempo

En el transcurso de su jornada, el conductor puede estar en cada momento en uno de los siguientes tiempos:

- **Tiempo de conducción**

Está considerado como tiempo de conducción todo el período en el que el conductor se encuentra al volante de su vehículo y su actividad está totalmente destinada a la conducción.

- **Tiempo de trabajo distinto a la conducción**

Es el período en el que el conductor realiza un trabajo efectivo distinto a la conducción, pero ligado a su actividad. En este tiempo están incluidas las operaciones de carga y descarga, las verificaciones del vehículo antes de la salida, el mantenimiento y limpieza del vehículo, las operaciones efectuadas en la oficina de flete, en la aduana, etc.

- **Tiempo de disponibilidad**

En este período, el conductor no desarrolla ninguna actividad efectiva, permaneciendo, no obstante, a disposición de su empresa.

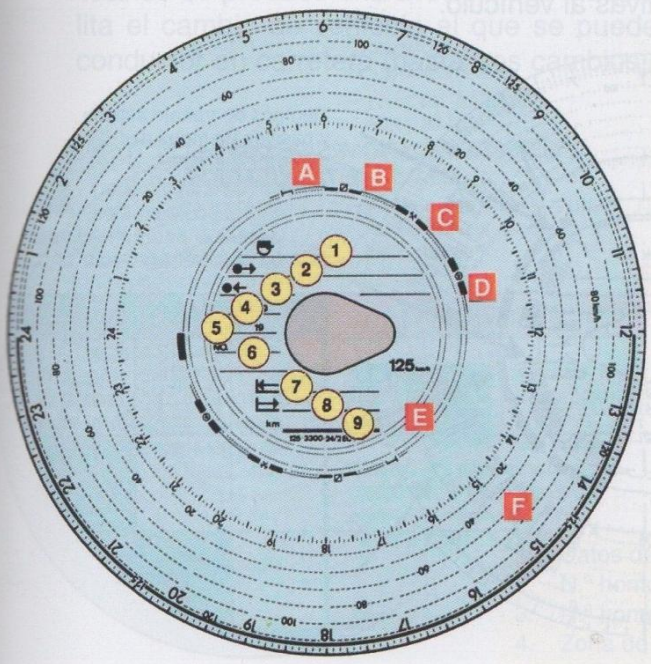
Se consideran como tiempos de disponibilidad los períodos de espera de carga o descarga, la supervisión de estas dos operaciones cuando son efectuadas, ya sea por el expedidor o por el destinatario y la vigilancia o custodia del vehículo. También se considera en este tipo de tiempo el conductor que no conduce el vehículo en el caso de doble tripulación, y que permanece en la cabina.

- **Tiempo de descanso**

Es el período ininterrumpido de, al menos, una hora, durante el cual el conductor puede disponer libremente de su tiempo. Se registran también con este tiempo las interrupciones obligatorias en la conducción (pausas).

## 4.5.4. Inscripciones en el disco tacógrafo

En el disco de registro hay una serie de datos que el conductor ha de indicar, tanto al iniciar como al finalizar el servicio.




1. Nombre y apellidos.
2. Lugar de salida.
3. Lugar de llegada.
4. Fecha de salida.
5. Fecha de llegada.
6. Número de matrícula. Cuando se trata de un vehículo semirremolque o de un conjunto de vehículos (tractocamión más semirremolque), la matrícula será la del vehículo tractor.
7. Kilometraje de llegada. Es la lectura del cuentakilómetros totalizador del vehículo al terminar el servicio.
8. Kilometraje de salida. Es la lectura del cuentakilómetros totalizador del vehículo en el momento de iniciar la conducción.
9. Kilometraje recorrido.

A. Tiempo de descanso
B. Tiempo de disponibilidad
C. Tiempo de trabajo distinto a la conducción
D. Tiempo de conducción
E. Distancia recorrida
F. Velocidad instantánea

En el disco aparece información relativa al conductor y al vehículo:

- **Indicaciones relativas al conductor**

  A. Tiempo de descanso.

  B. Tiempo de disponibilidad.

  C. Tiempo de trabajo distinto a la conducción.

  D. Tiempo de conducción.

- **Indicaciones relativas al vehículo**

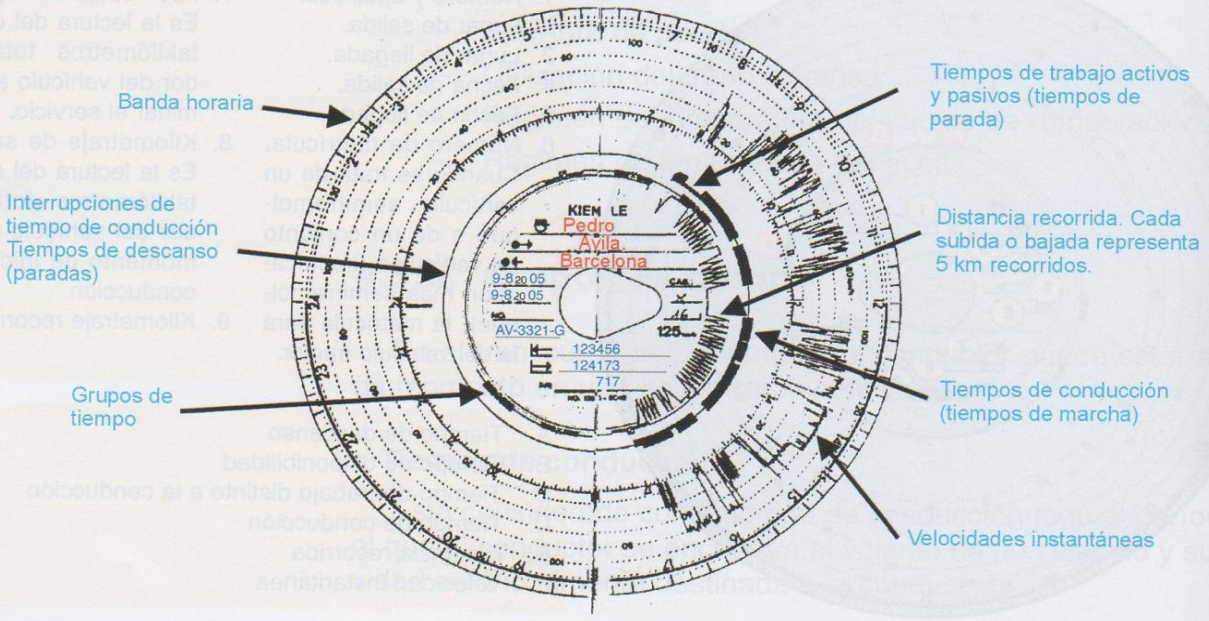
  E. Registro de la distancia recorrida.

  F. Registro de la velocidad instantánea

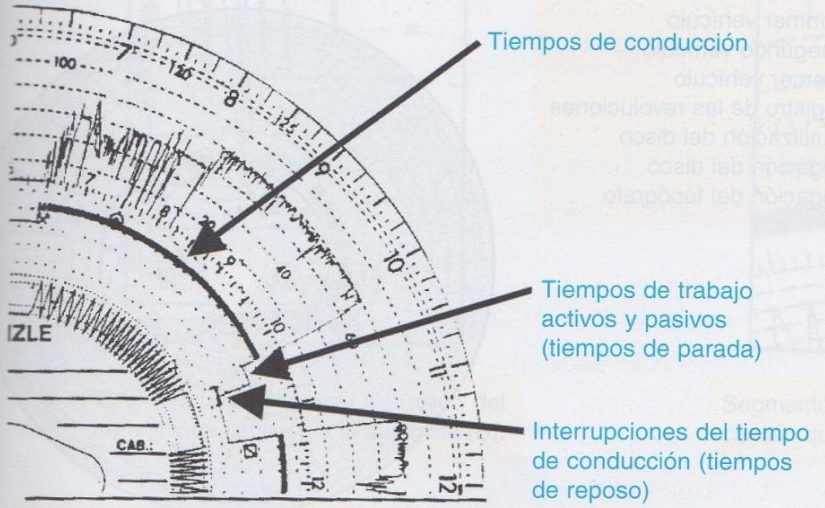
También figuran una serie de anotaciones manuales que el conductor ha de realizar en el disco:

1. Nombre y apellidos.
2. Lugar de salida.
3. Lugar de llegada.
4. Fecha de salida.
7. Fecha de llegada.
6. Número de matrícula. Cuando se trata de un vehículo semirremolque o de un conjunto de vehículos (tractocamión más semirremolque), la matrícula será la del vehículo tractor.
7. Kilometraje de llegada. Es la lectura del cuentakilómetros totalizador del vehículo al terminar el servicio.
8. Kilometraje de salida. Es la lectura del cuentakilómetros totalizador del vehículo en el momento de iniciar la conducción.
9. Kilometraje recorrido.

En la figura siguiente se recoge un disco grabado, indicando las inscripciones relativas al vehículo.



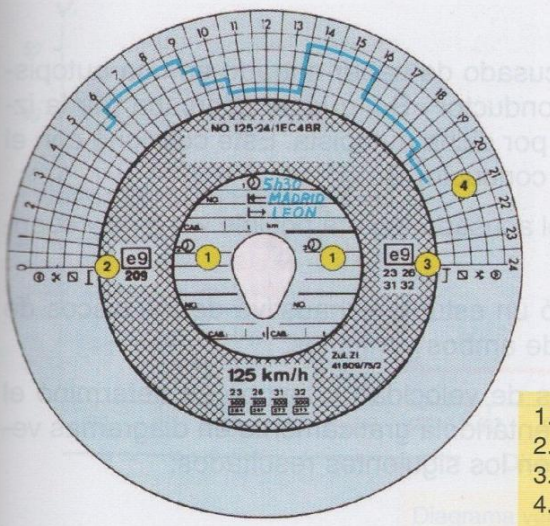
Existen otros tipos de discos en los que el registro de los grupos de tiempo se efectúa de manera distinta, como el que recoge éste:




### Reverso del disco tacógrafo

Existen diversos modelos de discos, con reversos de diferentes diseños. Dos de esos diseños aparecen reflejados a continuación: con zona de registro manual de los tiempos de actividad y con zona de registro de las revoluciones del motor.

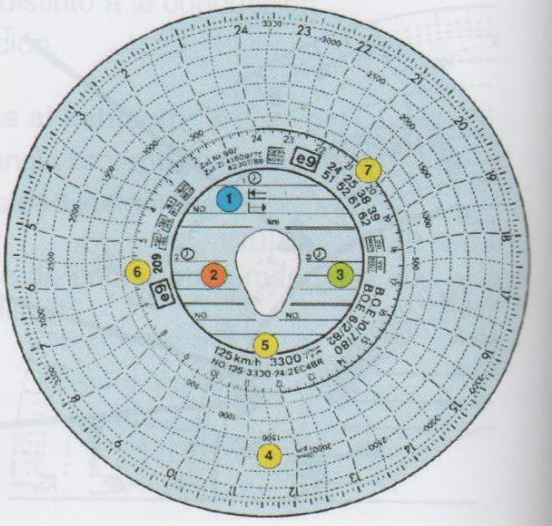
— Modelo con zona de registro manual de los tiempos de actividad: En este tipo de discos, el reverso está concebido para permitir la inscripción manual de los tiempos de actividad cuando se produce una avería en el tacógrafo. También habilita el cambio de vehículo al que se puede ver obligado un conductor en carretera (hasta tres cambios posibles).




1. Datos del cambio de vehículo
2. N.° homologación del disco
3. N.° homologación del tacógrafo
4. Zona de inscripción manual

— Modelo con zona de registro de las revoluciones del motor: Este tipo de discos permite la inscripción de las revoluciones del motor, así como los posibles cambios.

1. Datos del primer vehículo
2. Datos del segundo vehículo
3. Datos del tercer vehículo
4. Zona de registro de las revoluciones
5. Rango de utilización del disco
6. N.º homologación del disco
7. N.º homologación del tacógrafo



## 4.5.5. Utilidad del tacógrafo en la reconstrucción de accidentes de tráfico

- **Aceptación del tacógrafo como prueba judicial**

La admisibilidad de este medio de prueba resulta indudable en el proceso penal, si se tiene en cuenta que es función propia de este proceso (salvo en el caso de delitos privados) la labor de investigación, realizada de oficio por el propio órgano jurisdiccional, utilizando cuantos medios lícitos resulten adecuados para averiguar la verdad material o real.

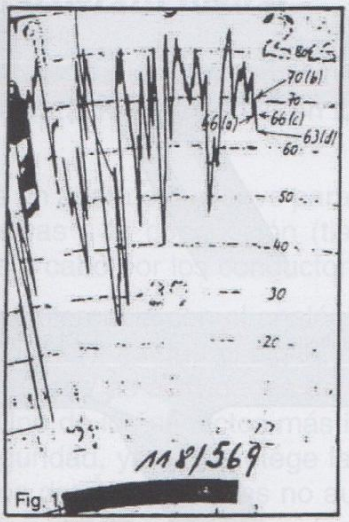
**Ejemplo práctico**

El conductor «A» fue acusado de haber entrado en una autopista sin tener en cuenta al conductor «B», que se acercaba por la izquierda y que ya circulaba por dicha autopista. Éste colisionó con el anterior y resultó herido el conductor B.

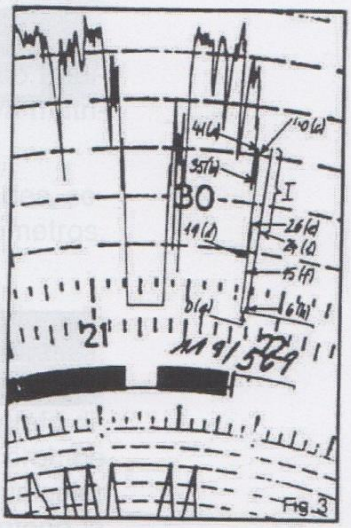
Según declaraciones del acusado, no era posible ver a «B» cuando accedió a la autopista.

En este caso, se realizó un estudio exhaustivo de los discos de registro de los tacógrafos de ambos vehículos.

Con los datos obtenidos de velocidad y tiempo se determinó el curso de la marcha, representándola gráficamente en diagramas velocidad-recorrido-tiempo, con los siguientes resultados:




Segmento del diagrama del disco del camión que circula por la autopista (B).




Segmento del diagrama del disco del camión que circula por la autopista (A).

Diagrama recorrido-velocidad del camión B

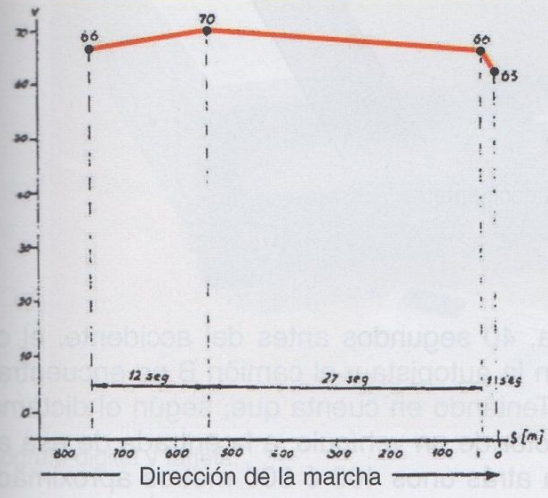
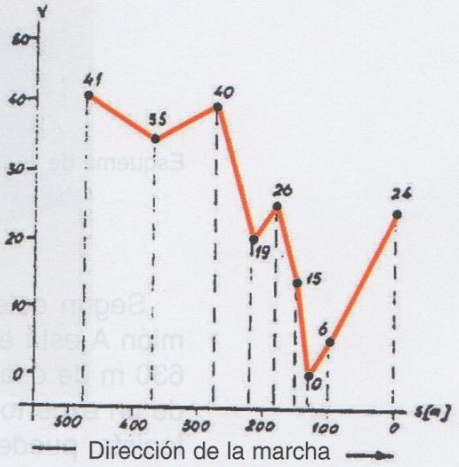



Diagrama recorrido-velocidad del camión A



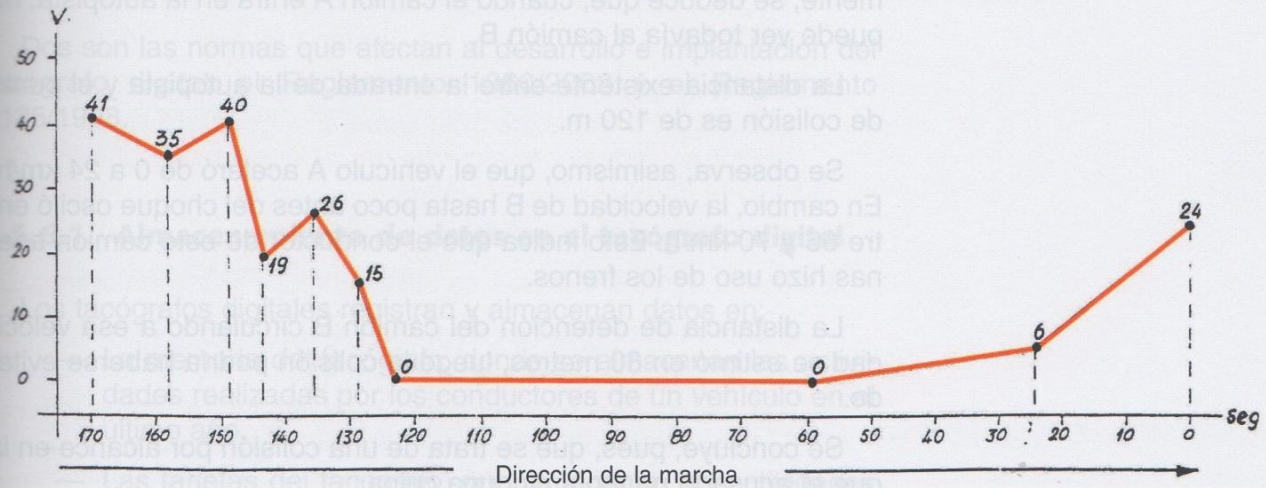
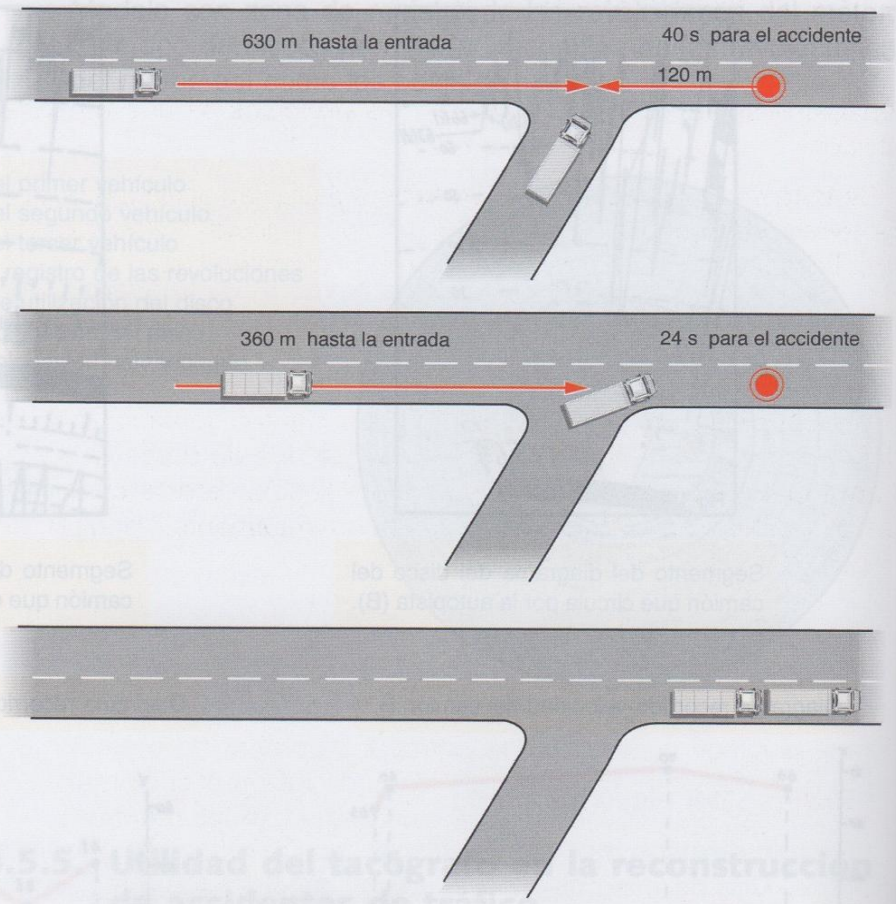




Diagrama velocidad-tiempo del camión A




Esquema de la secuencia del accidente.

Según este esquema, 40 segundos antes del accidente, el camión A está entrando en la autopista y el camión B se encuentra a 630 m de esa entrada. Teniendo en cuenta que, según el dictamen de un experto, el conductor de un vehículo, a la entrada de esa autopista, puede ver hacia atrás unos 400 ó 500 metros aproximadamente, se deduce que, cuando el camión A entra en la autopista, no puede ver todavía al camión B.

La distancia existente entre la entrada de la autopista y el punto de colisión es de 120 m.

Se observa, asimismo, que el vehículo A aceleró de 0 a 24 km/h. En cambio, la velocidad de B hasta poco antes del choque osciló entre 66 y 70 km/h. Esto indica que el conductor de este camión apenas hizo uso de los frenos.

La distancia de detención del camión B circulando a esa velocidad se estimó en 80 metros, luego la colisión podría haberse evitado.

Se concluye, pues, que se trata de una colisión por alcance en la que el acusado no tenía ninguna culpa.

La sentencia del juicio fue la exculpación del conductor acusado.

## 4.5.6. El tacógrafo digital

El tacógrafo digital es una evolución técnica del tacógrafo tradicional, que se va a ir implantando en los vehículos de nueva matriculación.

Se trata de un aparato que sirve para registrar las actividades, sobre todo relativas a la conducción (tiempo, velocidad, kilómetros, etc.), llevadas a cabo por los conductores profesionales.

La principal diferencia con el analógico (que sólo registra la actividad del conductor), es que el digital registra, almacena, visualiza, imprime y transfiere las actividades del conductor o conductores de un vehículo. Uno de los aspectos más importantes del tacógrafo digital es la seguridad, ya que protege la memoria de datos, prohíbe el acceso a los datos a personas no autorizadas, detecta cualquier tipo de tentativa de manipulación y, fundamentalmente, protege la integridad y autenticidad de los datos.

Tacógrafo digital y tarjeta.

Dos son las normas que afectan al desarrollo e implantación del tacógrafo digital: el Reglamento 1360/2002 y el Reglamento 2135/1998.

### 4.5.6.1. Almacenamiento de datos en el tacógrafo digital

Los tacógrafos digitales registran y almacenan datos en:

— La memoria del tacógrafo, donde se almacenan las actividades realizadas por los conductores de un vehículo en el último año.

— Las tarjetas del tacógrafo, que almacenan las actividades realizadas por su titular.

Tarjeta de control.

- **Datos que registra el tacógrafo**

Al insertar una tarjeta de conductor, el tacógrafo registra y almacena los siguientes datos:

— Nombre y apellidos del titular.
— Nº de la tarjeta y fecha de caducidad.
— Estado miembro que ha expedido la tarjeta.
— Lectura del cuentakilómetros en el momento de insertar la tarjeta.
— Fecha y hora de extracción de la tarjeta (la extracción sólo puede realizarse con el vehículo parado).
— Lectura del cuentakilómetros en el momento de extraer la tarjeta.
— Actividades realizadas por el conductor en el tiempo en que la tarjeta ha estado insertada.
— País y región donde comienza y termina el trabajo diario.
— Matrícula del vehículo anterior utilizado por el conductor.
— Fecha y hora de extracción de la tarjeta del vehículo anterior utilizado.
— Bandera que indique si, en el momento de insertar la tarjeta, el titular ha introducido manualmente alguna actividad (los datos introducidos normalmente no se registran en la memoria).

- **Tarjetas utilizadas en un tacógrafo digital**

En los tacógrafos digitales se utilizan cuatro tipos de tarjetas:

— **Tarjeta del conductor:** identifica al conductor y permite almacenar los datos sobre su actividad durante los últimos 28 días.
— **Tarjeta de control:** identifica al organismo de control y, en su caso, a la persona que realiza el control y permite acceder a la información almacenada en las tarjetas de conductor o en el tacógrafo, a efectos de su lectura, impresión o transferencia.

- **Tarjeta de empresa:** identifica a la empresa y permite visualizar, imprimir y transferir la información almacenada en el tacógrafo y activar y desactivar su bloqueo.
- **Tarjeta de centro de ensayo:** identifica al titular y permite activar, probar y calibrar el tacógrafo, así como transferir datos registrados en el mismo.

- **Datos que almacena la tarjeta del conductor:**
  - Nombre y apellidos del titular, y su fecha de nacimiento.
  - Nº de tarjeta, estado miembro y autoridad que expide la tarjeta.
  - Fecha de expedición y caducidad de la tarjeta.
  - Nº de permiso de conducir, estado miembro y autoridad que ha expedido el permiso.
  - Fecha y hora de inserción de la tarjeta en el tacógrafo.
  - Kilómetros del vehículo en el momento de la inserción.
  - Fecha y hora de extracción de la tarjeta.
  - Kilómetros del vehículo en el momento de la extracción.
  - Matrícula del vehículo y estado miembro de matriculación.
  - Actividades del conductor durante el tiempo que la tarjeta está insertada.
  - País o región donde comienza y termina el trabajo diario.
  - Distancia recorrida por el conductor.
  - Incidentes.
  - Fallos.
  - Controles.

- **Datos que almacena la tarjeta de control:**
  - Nombre y dirección del organismo de control.
  - Nombre y apellidos del titular.
  - Nº de tarjeta.
  - Estado miembro y autoridad que expide la tarjeta.
  - Fecha de expedición y caducidad de la tarjeta.
  - Fecha y hora de control.
  - Tipo de control (Visual-Impresión-Transferencia de datos del tacógrafo o de la tarjeta del conductor).
  - Periodo transferido.
  - Matrícula del vehículo y estado miembro de matriculación.
  - Nº de tarjeta del conductor que se controla y estado miembro que ha expedido la tarjeta.

- **Datos que almacena la tarjeta de empresa:**
  - Nombre y dirección de la empresa.
  - Nº de tarjeta.
  - Estado miembro y autoridad que ha expedido la tarjeta.
  - Fecha de expedición y caducidad de la tarjeta.

— Tipo de actividad realizada:
  • Activación o desactivación del bloqueo del tacógrafo.
  • Transferencia de datos del tacógrafo.
  • Transferencia de datos de la tarjeta del conductor.
— Periodo transferido.
— Matrícula del vehículo y país de matriculación.
— En caso de transferencia de datos de la tarjeta de un conductor, número de esta tarjeta y estado miembro de expedición.

• **Datos que almacena la tarjeta del centro de ensayo:**

— Código de identificación personal (PIN).
— Almacenamiento de las claves criptográficas necesarias para acoplar los sensores de movimiento a las unidades intravehiculares.
— Nº de tarjeta.
— Nombre de estado miembro y autoridad que expidió la tarjeta.
— Fecha de comienzo y caducidad de la tarjeta (máximo, 1 año)
— Nombre del centro de ensayo.
— Dirección.
— Nombre y apellidos del titular.
— Horas de comienzo o final de los periodos de trabajo diario.
— Almacenaje de datos sobre la actividad del conductor.
— Incidentes y fallos.
— Actividades de control.

# 5 TOMA DE DATOS

Son numerosos los accidentes de tráfico en los que no es posible encontrar testigos que expliquen lo ocurrido; en el mejor de los casos, si colaboran, es probable que su punto de vista sea parcial. El técnico en la reconstrucción de accidentes de circulación debe intentar descifrarlos, sin tener en cuenta opiniones, y basándose únicamente en aquellas señales, huellas, indicios, etc., que puedan existir en la vía, entorno o vehículo, así como en las personas afectadas.

*Vehículo accidentado.*

Todo lo que se logre saber sobre la base de la propia observación depende del esmero y de la pericia del investigador.

No es suficiente con una mirada superficial de la zona; se debe, y es preciso, examinar profundamente todo aquello que será determinante en las diferentes hipótesis que se planteen.

Se pueden estructurar los datos de la siguiente manera:

— Datos referentes a la vía.
— Datos referentes al entorno.
— Datos referentes al vehículo.
— Datos referentes a las personas.
— Datos referentes a huellas, vestigios y posiciones finales.

Por otra parte, dentro de la obtención de datos, será preciso tener en cuenta aspectos tales como:

— Estrategia en la toma de datos (primando el criterio de su permanencia en el tiempo).
— Mediciones. Toma de datos en el lugar del accidente.
— Ayudas complementarias en la reconstrucción de accidentes.
— Conservación de datos.

## 5.1. Estructuración de los datos

En el capítulo 2, se han descrito los condicionantes referentes a la vía, al entorno, al vehículo y a las personas implicadas en el suceso; partiendo de tales contenidos, se muestran unos formularios o «plantillas tipo» para ordenar la información de esos apartados. Todo lo relacionado con huellas e indicios se describirá por entero en este capítulo.

Estas plantillas poseen un número de referencia común para cada accidente. Su utilización es sencilla y consiste en marcar al lado del concepto existente la variable que más se ajuste. En ocasiones, existen espacios en blanco para otras posibilidades no descritas y que pudieran describir de mejor manera la circunstancia.

## 5.1.1. Datos referentes a la vía

N.º Referencia

Vehículos
1.º
2.º
3.º
4.º
5.º

### DATOS REFERENTES A LA VÍA

**TIPO DE VÍA**
- Vía interurbana
- Travesía
- Vía urbana
- Calle / Avenida
- Plaza / Glorieta

**Denominación**

Punto km. Hm.

Término municipal

Localidad

Sentido vehículo 1
Sentido vehículo 2
Sentido vehículo 3
Sentido vehículo 4
Sentido vehículo 5

**CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA**
- Autopista
- Autovía
- Vía rápida
- Vía convencional
- Carretera vecinal
- Vía de servicio
- Ramal de enlace
- Otro

**Régimen de circulación**
- Sentido único
- Doble sentido
- Vía de dos calzadas
- Pista de ciclistas
- Pista vehículos lentos

**Sentido de orientación**

**Anchura calzada** m

**Anchura carriles** m

| | IZ | DE |
|---|---|---|
| Anchura arcén | | |
| Anchura cuneta | | |
| Anchura acera | | |

**Arcén pavimentado**
Sí No
- Inexistente
- Impracticable

**N.º de carriles**

**DISEÑO TRAZADO**

**Elementos de seguridad**
- Mediana
- Barreras
- Hitos de arista
- Captafaros
- Otros

- Recta
- Curva
- Curva suave
- Curva sin visibilidad
- Resalte
- Badén
- Estrechamiento
- Otros

**Peralte %**

Asc. Des.
Pendiente

**Intersección**
Con carretera
Con calle
- En T o Y
- En X o +
- Enlace carr.
- Acceso
- Giratoria
- Otros

- Paso de peatones
- Isletas
- Raqueta de giro
- Mediana
- Carril arcén de espera
- Nada especial
- Otros

**FIRME**

**Estado**
- Bueno
- Regular
- Malo

- Asfalto
- Hormigón
- Adoquín
- Loseta
- Tierra batida
- Empedrado
- Macadam
- Otros

- Baches
- Lomas
- Nidos
- Baden

**SEÑALIZACIÓN**

**Marcas viales**
- Inexistentes
- Borradas
- Solo bordes
- Solo carriles
- Carriles y bordes

**Genérica**
- Km/h

**Vertical**
- Existentes
- Inexistentes
- Innecesaria

**Luminaria**
- Semáforos
- Otras
- Ciclo de tiempo

**Regulada por**
- Agente
- Semáforo
- Señal stop
- Señal ceda el paso
- Sólo marcas viales
- Paso de peatones
- Ninguna señal
- Señal de prioridad

**Observaciones**

## 5.1.2. Datos referentes al entorno

N.º Referencia

### DATOS REFERENTES AL ENTORNO

**Fecha** Día/Mes/Año **Hora** **Min** **Provincia**

- Laboral
- Anterior a festivo
- Festivo
- Posterior a festivo

**Vehículos implicados**

**Peatones implicados**

**Superficie**

- Seca y limpia
- Umbría
- Húmeda
- Mojada
- Encharcada
- Helada
- Nevada
- Barrillo
- Gravilla suelta
- Tierra
- Aceite
- Otros

**Factores atmosféricos**

- Buen tiempo
- Calima
- Neblina
- Niebla intensa
- Lloviznando
- Lluvia fuerte
- Granizando
- Nevando
- Viento fuerte
- Otros

**Otras circunstancias**

- Paso a nivel
- Estrechamiento
- Cambio de rasante
- Fuerte descenso
- Firme deslizante
- Badén
- Obras
- Resalte
- Inundación
- Peralte invertido
- Fin de carril
- Ninguna
- Otros

**Visibilidad de la señalización**

- Buena
- Deficiente
- Nula

**Luminosidad**

- Pleno día
- Crepúsculo
- Iluminación suficiente
- Iluminación insuficiente
- Sin iluminación

**Circulación**

- Fluida
- Intensa
- Congestionada

**Arbolado**

- Aislado
- Arboleda
- Fila

**Visibilidad restringida**

- Edificios
- Configuración del terreno
- Vegetación
- Factores atmosféricos
- Deslumbramiento
- Polvo y humo
- Sin restricción
- Vehículos
- Sol
- Otros

- Amanecer
- Pleno día
- Tarde
- Atardecer
- Noche

**Condiciones especiales**

- Carril reversible
- Utilización arcén
- Ninguna
- Otros

**Observaciones**

**Laterales**

- Bordillo
- Descarnado
- Igual nivel
- Desmonte
- Terraplén
- Quitamiedos
- Guardarrail
- Poste
- Árboles
- Adificios

## 5.1.3. Datos referentes al vehículo

N.º Referencia

### DATOS REFERENTES AL VEHÍCULO

**Vehículo n.º** **Matrícula** **N.º ocupantes**

**Permiso de circulación**

Marca
Modelo
Color
N.º bastidor

**Tipo de vehículo**

☐ Ciclomotor ☐ Furgoneta ☐ Trailer
☐ Motocicleta ☐ Camioneta ☐ Microbus
☐ Turismo ☐ Camión ☐ Autobus

**ITV**

☐ Sí realizada
☐ No realizada
☐ No necesaria

**Seguro**

Compañía
Póliza N.º
Período de validez

**Carga**

Tipo
Cantidad
Peso Tm
Sobrecargado
Carga mal dispuesta

**Estado del vehículo**

☐ Aparentemente sin defectos ☐ Luces traseras deficientes
☐ Neumáticos desgastados ☐ Luces delanteras deficientes
☐ Pinchazo/Reventón ☐ Dirección deficiente
☐ Pérdida de la rueda ☐ Suspensión deficiente
☐ Frenos deficientes ☐ Otro
☐ ABS deficiente

**Motivo desplazamiento**

☐ Local (50 km) ☐ Largo (más de 200 km)
☐ Medio (hasta 200 km) ☐ Se ignora

**Transporte**

☐ Explosivo ☐ Corrosivo ☐ Tóxico ☐ Radioactivo ☐ Inflamable ☐ No peligroso

### DEFORMACIONES

**Parte frontal**

☐ Paragolpes
☐ Rejilla
☐ Aleta derecha
☐ Aleta izquierda
☐ Faro derecho
☐ Faro izquierdo
☐ Capó
☐ Luna parabrisas
☐ Neumático derecho
☐ Neumático izquierdo
☐ Motor
☐ Radiador
☐ Dirección
☐ Vehículo incendiado
☐ Otro

**Parte central**

☐ Puerta delantera derecha
☐ Puerta delantera izquierda
☐ Puerta trasera derecha
☐ Puerta trasera izquierda
☐ Techo
☐ Estribo derecho
☐ Estribo izquierdo
☐ Luna delantera derecha
☐ Luna delantera izquierda
☐ Luna trasera derecha
☐ Luna trasera izquierda

**Parte trasera**

☐ Paragolpes
☐ Aleta derecha
☐ Aleta izquierda
☐ Capó
☐ Piloto derecho
☐ Piloto izquierdo
☐ Neumático derecho
☐ Neumático izquierdo
☐ Luneta

### COLISIÓN

**Entre vehículos**

☐ Frontal
☐ Frontolateral
☐ Lateral
☐ Alcance
☐ Múltiple
☐ Otro

**Atropello**

☐ Peatón fuera del vehículo
☐ Peatón/es
☐ Conductor de animales
☐ Animal suelto
☐ Rebaño
☐ Otro

**Salida/Choque**

☐ Choque con árbol ☐ Choque con valla
☐ Choque con poste ☐ Choque con barrera
☐ Choque con muro ☐ Otro choque
☐ Choque con edificio ☐ Sin colisión
☐ Choque con cuneta ☐ Con vuelco
☐ Choque con bordillo ☐ Con despeñamiento
☐ Choque con vehículo ☐ Otro

**Observaciones**

## 5.1.4. Datos referentes a las personas

N.º Referencia

### DATOS REFERENTES A LAS PERSONAS

**Peatón** **Matrícula** **Nacionalidad**

**Conductor** **Ocupante**

Don
Domicilio
Localidad
Provincia Teléfono

Fecha nacimiento
DNI
Peso kg
Altura m

**Usos de accesorios de seguridad**

- Cinturón de seguridad
- Casco
- Reflectante
- Ninguno
- No necesita
- Se ignora
- Otros

**Condiciones psicofísicas**

- Normal
- Alcohol sin prueba
- Alcohol con prueba
- Drogas
- Fármacos
- Sueño
- Fatiga
- Preocupado
- Se ignora
- Otros

**Acción del conductor**

- Adelantando
- Girando
- Girando en «U»
- Incorporándose
- Abandonando
- Cruzando intersección
- Siguiendo ruta
- Estacionando
- Marcha atrás
- En maniobra
- Frenando
- Parado
- Otros

**Horas de conducción**

- Menos de 1h
- De 1 a 3h
- De 3 a 5h
- De 5 a 8h
- Más de 8h
- Se ignora

**Tipo de conductor**

- Profesional
- Particular
- Militar
- Ambulancia
- Bomberos
- Otro

**Motivo del desplazamiento**

- Durante el trabajo
- *In itinere*
- Salida/Regreso de vacaciones
- Puente
- Fin de semana
- Urgencia
- Ocio
- Otro

**Posición de los ocupantes** 1 2 3 4 5

| POSICIÓN | D. | D.N.I. | Accesorios de seguridad |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

**Observaciones**

### 5.1.5. Datos referentes a huellas, vestigios y posiciones finales

A diferencia de los anteriores, en este apartado no se puede utilizar una hoja de recogida de datos para la vía, entorno, vehículos y personas, ya que esta clase de datos se deberán reflejar sobre un croquis, a mano alzada, donde se indiquen las huellas, los vestigios y las posiciones finales de los vehículos.

Este punto se desarrolla dentro del apartado 5.3, perteneciente a las mediciones sobre el terreno, y se muestra cómo se deben llevar estas medidas sobre un croquis.

## 5.2. Metodología de la toma de datos

El objeto de planificar una secuencia de obtención de datos es facilitar al que realiza esta operación un mecanismo de actuación ordenado y lo más completo posible; a su vez, la propia sistematización evita olvidos.

Los datos que se obtienen se pueden clasificar, en función de su persistencia en el tiempo, en inmediatos y permanentes.

**a) Inmediatos**

Aportan información cuya presencia en el lugar del accidente es muy reducida. Por lo tanto, deben ser recogidos lo antes posible, por su carácter perentorio. Es el caso de:

— Huellas en el pavimento.

— Estado de la calzada (climatología).

Limpieza de la calzada tras un impacto (eliminación de indicios inmediatos).

— Sentido de los vehículos.
— Características de los vehículos.
— Situación del posible punto de impacto.
— Restos de infraestructura.
— Hora del accidente.
— Reportaje fotográfico del accidente.
— Declaración de testigos e implicados.
— Daños de los vehículos.

**b) Permanentes**

Son aquéllos que permanecen en el tiempo, siendo independientes del accidente.

— Carretera.
— Punto kilométrico.
— Dimensiones de la carretera.
— Señalización vertical.
— Señalización horizontal.
— Configuración de la carretera.
— Visibilidad.

Datos permanentes.

## 5.3. Mediciones

A la hora de efectuar las mediciones sobre el terreno, lo primero que se debe hacer, antes de retirar nada, es marcar la posición de los vehículos implicados, objetos, huellas, restos, etc. Este marcado se puede efectuar con una tiza, spray, cinta adhesiva, etc., facilitando así la eliminación de todos aquellos elementos que dificultan la fluidez del tráfico.

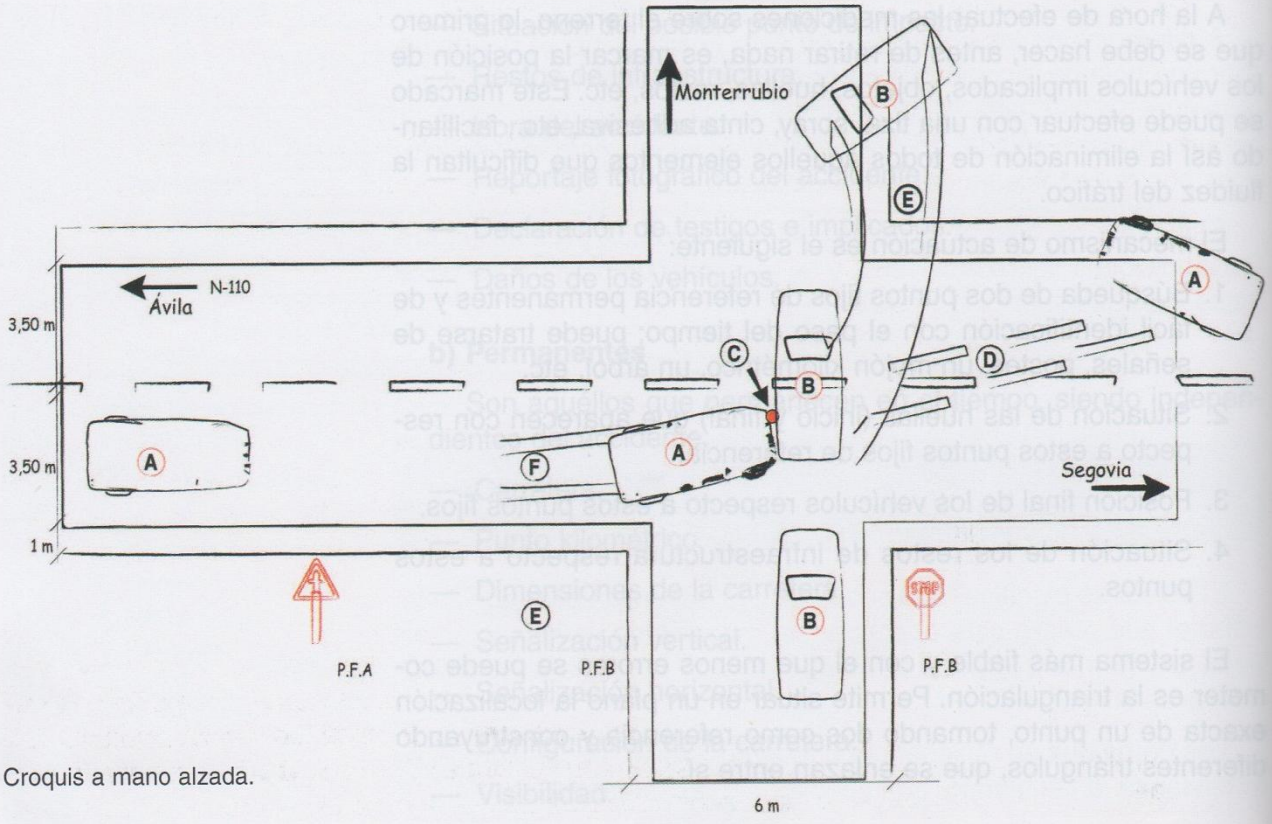
El mecanismo de actuación es el siguiente:

1. Búsqueda de dos puntos fijos de referencia permanentes y de fácil identificación con el paso del tiempo; puede tratarse de señales, postes, un mojón kilométrico, un árbol, etc.
2. Situación de las huellas (inicio y final) que aparecen con respecto a estos puntos fijos de referencia.
3. Posición final de los vehículos respecto a estos puntos fijos.
4. Situación de los restos de infraestructura respecto a estos puntos.

El sistema más fiable y con el que menos errores se puede cometer es la triangulación. Permite situar en un plano la localización exacta de un punto, tomando dos como referencia y construyendo diferentes triángulos, que se enlazan entre sí.

Medición sobre terreno.

Veamos, a continuación, un ejemplo.




Croquis a mano alzada.

**A** Situación inicial, aproximación y posición final del vehículo Renault Mégane.

**B** Situación inicial, trayectoria tras el impacto y posición final del turismo Citroën Saxo.

**C** Punto de colisión de ambos vehículos.

**D** Huellas de derrape tras la colisión del Renault Mégane.

**E** Huellas de derrape tras la colisión del Citroën Saxo.

**F** Huellas de frenada previas a la colisión del Renault Mégane.

Accidente de circulación ocurrido a las 17,30 h del día 14/03/2006, en el kilómetro 17,500 de la N-110 (Ávila-Segovia), consistente en embestida perpendicular del vehículo Renault Mégane y Citroën Saxo.

**Circunstancias:**

— Cruce con buena visibilidad, sin obstrucciones visuales.

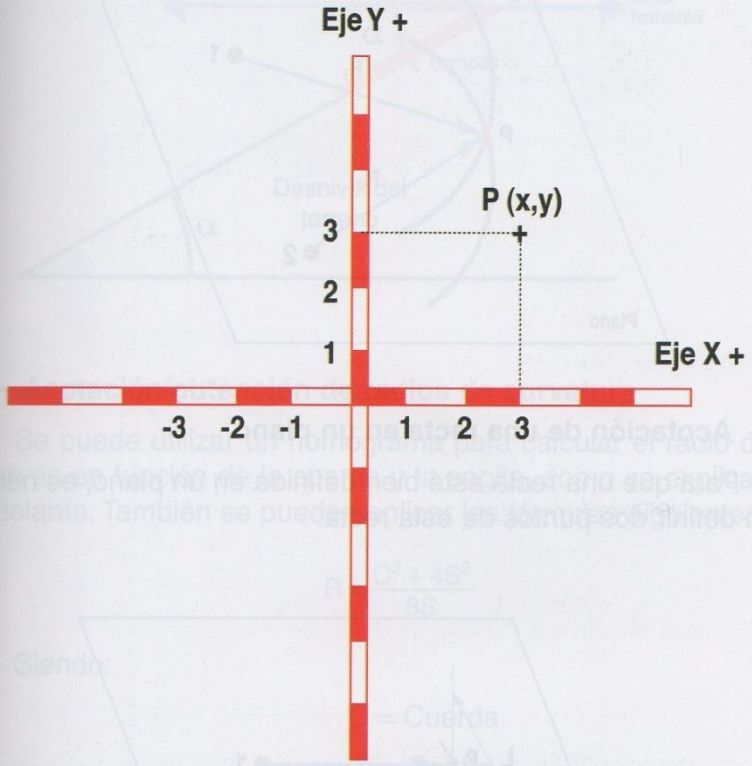
— Trazado a nivel, seco y limpio de sustancias deslizantes.

— De día, buen tiempo, soleado y sin viento.

- **Diversas formas de acotación:**

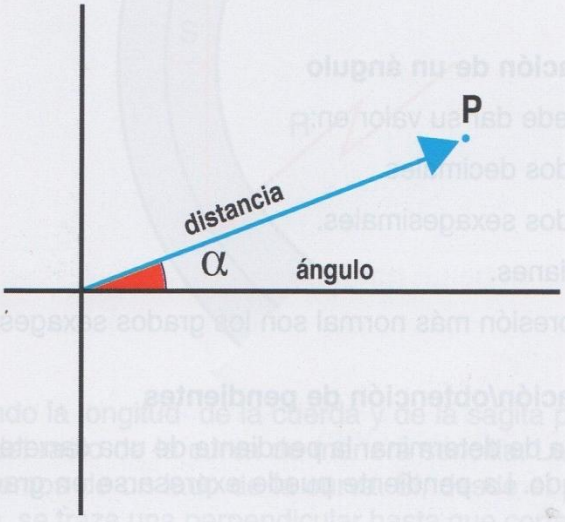
**— Acotación cartesiana**

Es aquélla referida a los ejes cartesianos X e Y. Cada punto está definido por dos coordenadas.



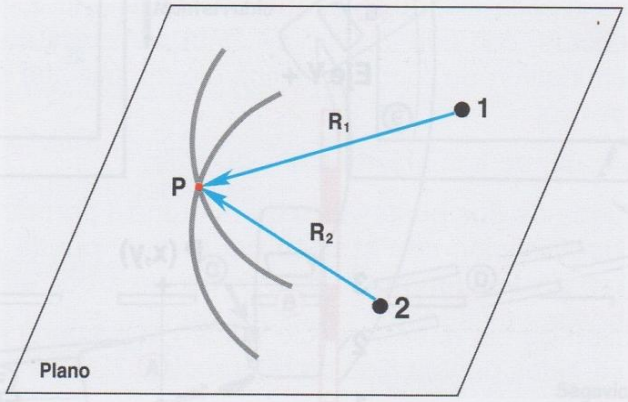

**— Acotación polar**

Cada punto viene representado por un ángulo y una distancia, referidos al centro de coordenadas.



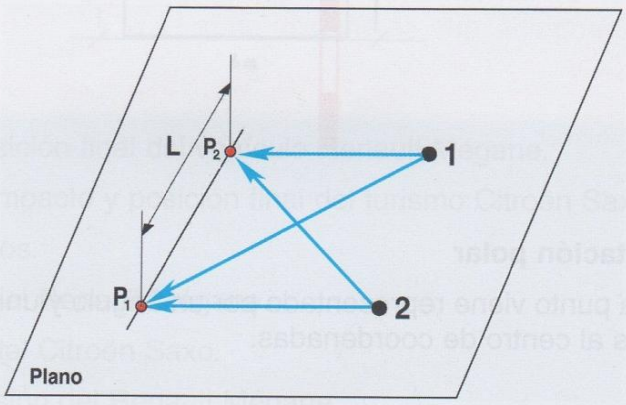
### — Acotación de un punto en un plano

Para que un punto P de un plano esté bien situado, debe venir referido por dos puntos fijos de ese plano.




### — Acotación de una recta en un plano

Para que una recta esté bien definida en un plano, es necesario definir dos puntos de esta recta.




### — Acotación de un ángulo

Se puede dar su valor en:

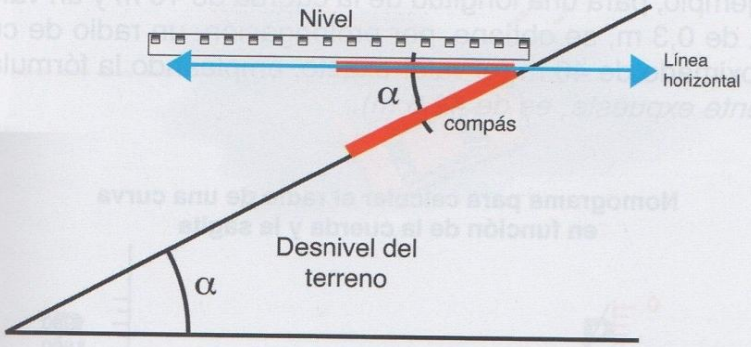
- Grados decimales.
- Grados sexagesimales.
- Radianes.

La expresión más normal son los grados sexagesimales.

### — Acotación/obtención de pendientes

Una forma de determinar la pendiente de una carretera es con un nivel graduado. La pendiente puede expresarse en grados o tantos por ciento.

Más sencillo aún es utilizar alguno de los instrumentos electrónicos de medición que existen en el mercado.




### — Acotación/obtención de radios de curvatura

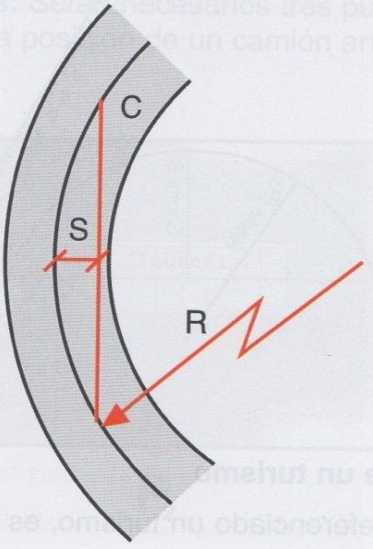
Se puede utilizar un nomograma para calcular el radio de las curvas en función de la cuerda y la sagita, como se explica más adelante. También se pueden aplicar las fórmulas siguientes:

$$R = \frac{C^2 + 4S^2}{8S}$$

Siendo:

C = Cuerda

S = Sagita

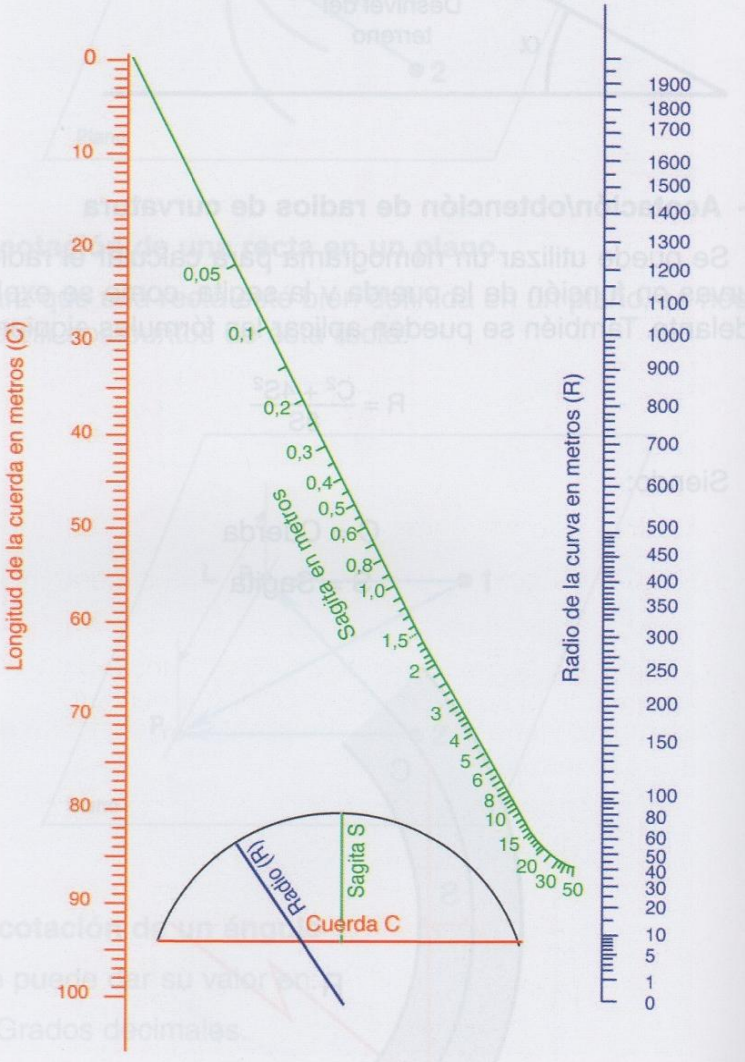



Conociendo la longitud de la cuerda y de la sagita puede hallarse el valor del radio de la curva de manera sencilla. La cuerda une los dos extremos de un lado de la curva. Si, desde el punto medio de la cuerda, se traza una perpendicular hasta que corte la curva, se

obtendrá la sagita. Esos dos valores se trasladan al nomograma, obteniendo el valor del radio de la curva por la prolongación de la recta que une el valor de la cuerda y de la sagita, hasta que corte la recta en la que se reflejan los valores del radio de la curva.

Por ejemplo, para una longitud de la cuerda de 10 m y un valor de la sagita de 0,3 m, se obtiene, por prolongación, un radio de curvatura aproximado de 40 m (el valor exacto, empleando la fórmula anteriormente expuesta, es de 41,8 m).

**Nomograma para calcular el radio de una curva en función de la cuerda y la sagita**

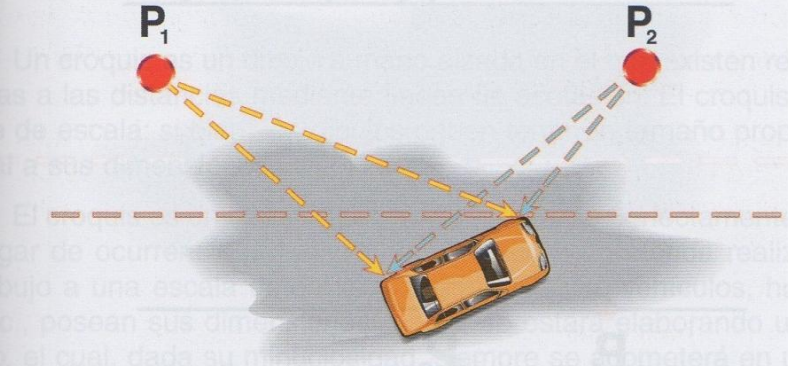


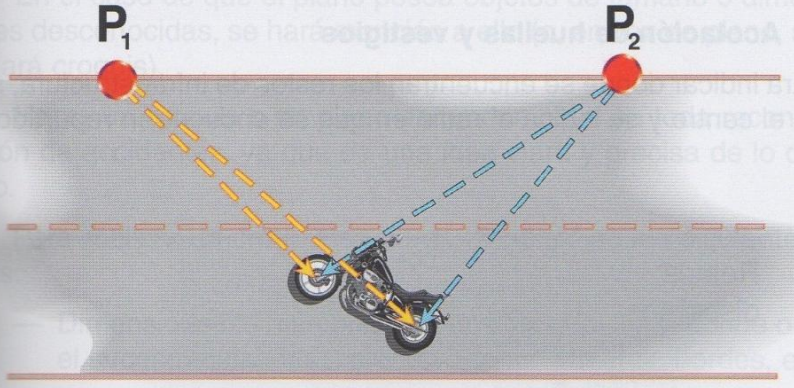

### — Acotación de un turismo

Para dejar bien referenciado un turismo, es necesario posicionar dos puntos.

### — Acotación de una moto

Para ubicar correctamente la posición de una moto, se definirán los centros de sus ruedas, indicando cuál es la delantera o trasera.

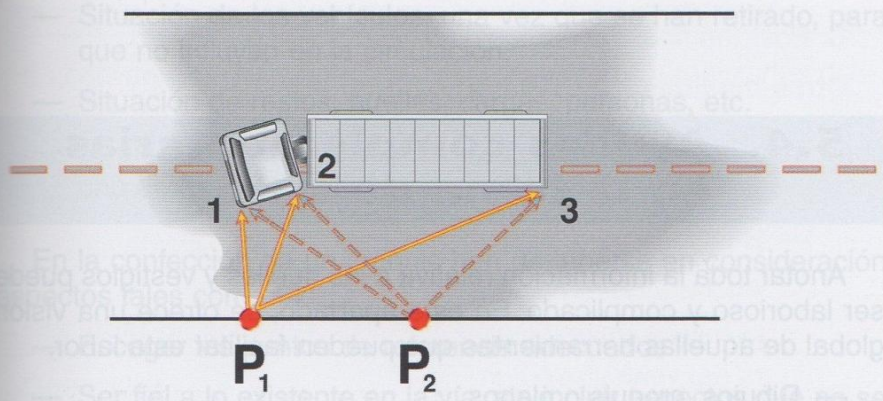



— **Acotación de camiones**

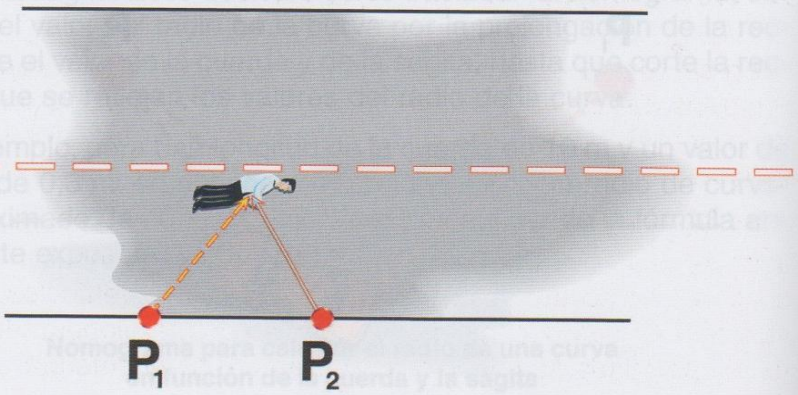
a) **Rígidos:** Como en el caso de los coches, serán necesarios dos puntos.

b) **Articulados:** Serán necesarios tres puntos para dejar bien delimitada la posición de un camión articulado.



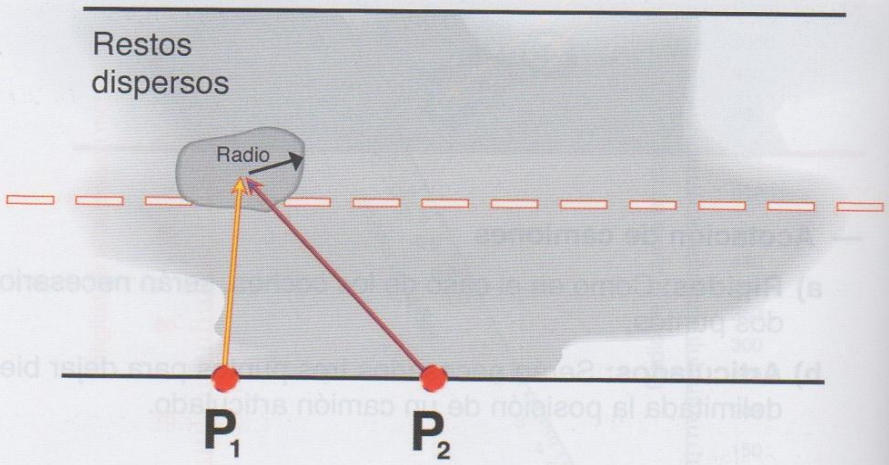

— **Acotación de personas y animales**

Para dejar situada la posición de una persona (o un animal) será necesario, en general, definir correctamente un punto de la misma (siempre desde dos puntos de referencia).




— **Acotación de huellas y vestigios**

Para indicar dónde se encuentran los restos de infraestructura, se acota el centro y se indica el radio en que se encuentren repartidos.




## 5.4. Ayudas complementarias en la toma de datos

Anotar toda la información relativa a las huellas y vestigios puede ser laborioso y complicado. En este apartado, se ofrece una visión global de aquellas herramientas que pueden facilitar esta labor.

— Dibujos, croquis o planos.
— Fotografías.
— Imágenes de vídeo.
— Informática.
— Publicaciones.

### 5.4.1. Dibujos, croquis y planos

Un croquis es un dibujo a mano alzada en el que existen referencias a las distancias mediante líneas de acotación. El croquis carece de escala; si bien, los dibujos deben tener un tamaño proporcional a sus dimensiones.

El croquis es un trabajo que puede realizarse perfectamente en el lugar de ocurrencia del accidente. Cuando se pretenda realizar un dibujo a una escala determinada, donde la vía, vehículos, huellas, etc., posean sus dimensiones reales, se estará elaborando un plano, el cual, dada su minuciosidad, siempre se acometerá en un gabinete u oficina técnica.

En el caso de que el plano posea objetos de tamaño o dimensiones desconocidas, se hará mención a ello (o, en vez de plano, se llamará croquis).

Hacer un croquis o un plano es fundamental en toda reconstrucción de accidentes, ya que da una idea clara y precisa de lo ocurrido.

Para realizar un croquis se ha de disponer de los siguientes datos:

— Dimensiones lo más precisas posibles del lugar donde ocurrió el suceso (calzadas, carriles, aceras, cunetas, bordes, etc.).

— Señalización existente y su localización.

— Nombre de calles, carreteras, etc.

— Identificación de los sentidos de circulación de los vehículos, antes de la colisión.

— Punto de colisión.

— Posiciones finales de los vehículos y las personas después de la colisión.

— Situación de los vehículos, una vez que se han retirado, para que no influyan en la circulación.

— Situación de restos, huellas, cargas, personas, etc.

— Si es posible, establecer el punto de percepción para cada uno de los implicados en el accidente.

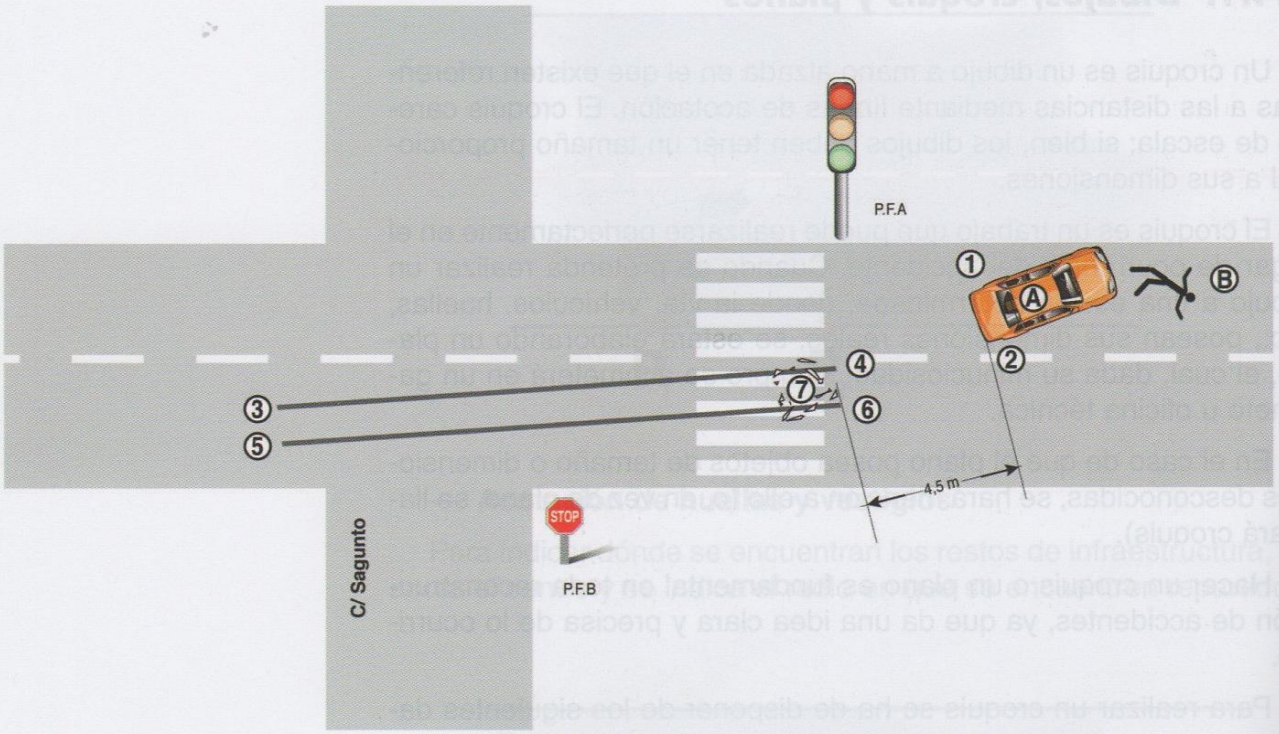
En la confección de un croquis han de tenerse en consideración aspectos tales como:

— Escoger los puntos de referencia adecuados.

— Ser fiel a lo existente en la vía, sin incluir aspectos que no se observan.

— Emplear símbolos o abreviaturas que no recarguen el dibujo.

— Cualquier punto o línea dibujada debe estar relacionada con una leyenda que aclare lo que representa.




Croquis.

Accidente ocurrido a las 12.30 h, del día 18/01/2006, en el número 27 de la C/Mayor. Atropello a peatón por parte del turismo Ford Focus 2.0 TDCi, matrícula XVZ 3659.

**Punto Fijo A:** Semáforo

**Punto Fijo B:** Señal de stop

**Distancia entre ambas:** 9,5 m

**A:** Posición final del vehículo

**B:** Posición final del peatón

**Otras medidas:**

— Restos de cristales (7)

— Huella de frenada izquierda: 16 m

— Huella de frenada derecha: 17 m

— Anchura entre huellas: 1,5 m

— Distancia desde el final de las huellas hasta la parte trasera del vehículo: 4,5 m

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P.F.A. | 2,0 m | 3,5 m | 8,0 m | 2,5 m | 9,0 m | 5,0 m | 3,0 m | 5,0 m |
| P.F.B. | 6,0 m | 7,0 m | 5,0 m | 4,0 m | 5,5 m | 4,5 m | 3,7 m | 10,0 m |

## 5.4.2. Fotografía

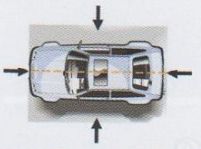
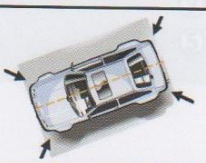
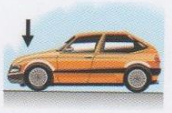
La fotografía es una herramienta que permite recordar datos, afirmar nuestra exposición y justificar un argumento.

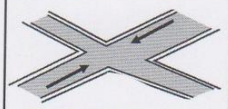
Cada vez es más frecuente su utilización en los informes de reconstrucción, siendo muy necesaria en los siguientes aspectos:

- Descripción de las deformaciones de los vehículos.
- Descripción del medio donde ocurren los sucesos.
- Descripción de detalles. Por ejemplo: posición de la palanca de velocidades, luces, etc.
- Descripción de la visibilidad en el medio en el que aconteció el accidente, a través de fotografías obtenidas en el interior del vehículo y siguiendo la trayectoria posible antes del suceso.
- Medición de distancias a través de la fotografía. Más adelante, se describe la técnica de la fotogrametría.

| PRINCIPALES FOTOS QUE SE DEBEN REALIZAR | | |
|---|---|---|
| **Del vehículo** | | |
| **Exterior** | **Interior** | **Detalle** |
| Frontales | Cuadro de mando | Deformaciones |
| 3/4 | Llave de contacto | Ruedas |
| Vista en planta | Cambio, freno de mano, etc. | Rotura de cristales |
| **Del entorno - Vía** | | |
| **Tramo recto** | **Tramo curvo o con rasante** | |
| 50 ó 100 m en ambos sentidos | 200, 100, 75, 50, 30 m en ambas direcciones | |
| Es conveniente marcar la dirección en las fotos y realizarlas desde puntos preestablecidos:<br>– Hitos de arista<br>– Señales verticales<br>– Comienzos o finales de marcas viales, etc. | | |
| **Del lugar de colisión** | | |
| **Generales** | **Detalles** | |
| Radiales | Huellas | |
| Vista de pájaro | Posiciones finales, etc. | |
| Es conveniente realizarlas desde puntos concretos, como pueden ser esquinas, señales, semáforos, etc. | | |

A continuación, se presenta una plantilla de las fotografías que más comúnmente se realizan en un informe.

| **Fecha:** | **Identificación de la vía:** | **Término municipal:** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Vehículos implicados** | **1.ª matrícula** | **2.ª matrícula** | **3.ª matrícula** | **4.ª matrícula** | **5.ª matrícula** |
|  Vista frontal | | | | | |
|  Vista 3/4 | | | | | |
|  Vista superior | | | | | |
| Las flechas indican el lugar desde donde tomar la fotografía. | | | | | |
| Detalles | | | | | |
| Interior | | | | | |

| **Entorno vía** | **25m** | **50 m** | **75 m** | **100m** | **150m** | **175m** | **200m** | **225m** | **250m** | **300m** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  Sentido circulación | | | | | | | | | | |

**Huellas**

**Vía**

**Posición final**

**Croquis del lugar de ocurrencia:**

Nota: Toda fotografía debe estar relacionada con otro punto de otra.

Las fotos de los vehículos serán frontales, del tipo 3/4, tratando de fotografiar los laterales del vehículo, y superiores, con vistas del techo, parte lateral, capó y parte trasera, con el fin de cuantificar con exactitud la deformación. Además, existen fotografías de detalle (choques con objetos exteriores, rozones, bombillas, etc.) y del interior (velocímetro, cuentarrevoluciones, llave de contacto, posición de palancas e interruptores, etc.).

Las fotos correspondientes al entorno pretenden aclarar las posibles trayectorias de los implicados y su campo de visión. Es conveniente realizar una secuencia de aproximación en ambos sentidos, con tomas realizadas desde lugares equidistantes, por tramos de 25 a 30 metros.

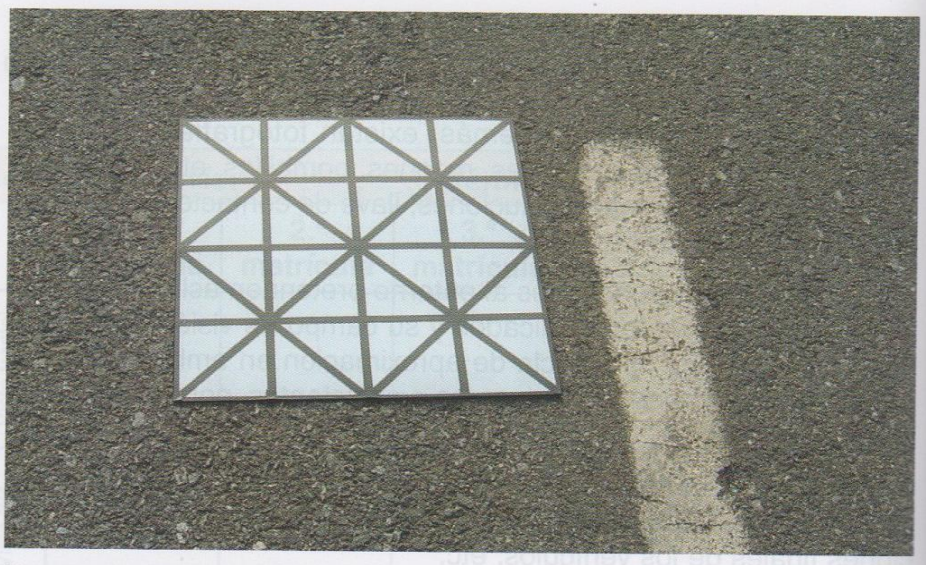
En el lugar del hecho se realizarán fotografías de las huellas, manchas, arañazos, objetos caídos, polvo, lugar de colisión, posiciones finales de los vehículos, etc.

Detalle de huella (hendidura).

La fotogrametría consiste en obtener distancias a través de la fotografía. Esta técnica se basa, principalmente, en la obtención de fotografías en las que existe un elemento de dimensiones conocidas; este objeto, mediante el dibujo, es proyectado al infinito, determinando de esta manera la distancia que se quiere conocer. Tal objeto puede sustituirse por marcas en la vía que forman una plantilla de dimensiones conocidas, como puede ser un cuadrado que, a su vez, se divide en cuatro cuadrados, en los que se trazan sus diagonales y medianas (ver plantilla tipo situada sobre el terreno en la foto siguiente). La proyección en planta de tales plantillas definirá las dimensiones de los elementos a calcular.

Otro método se basa en el empleo de programas informáticos. Partiendo de más de una fotografía, ubica puntos en el espacio (puede llegar a trabajar hasta con 100 fotografías).

Lógicamente, estas técnicas de medición dependen mucho del objetivo de la cámara, que debe poseer retículas y calibraciones muy precisas, que no distorsionen la imagen. No obstante, hoy en

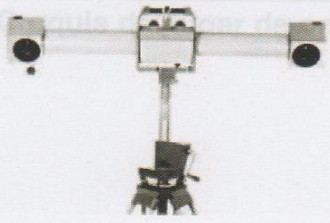


Plantilla situada sobre el terreno.

día, pueden conseguirse mediciones de gran calidad con cámaras réflex de paso universal adaptadas para tal fin.

Los ordenadores y las tarjetas digitalizadoras son elementos muy frecuentes en este campo y que facilitan lo que antes se realizaba de forma manual con gran imprecisión.

Medición de deformaciones en un vehículo.



Bicámara métrica.

**Tipos de cámaras:**

- **Bicámara métrica**

  Son dos cámaras con los objetivos reticulados separados 1 m entre sí, permiten tomar dos fotos simultáneas para poder visualizarlas con perspectiva.

- **Cámara semimétrica**

  Es una cámara cuyo objetivo tiene una retícula que permitirá, posteriormente, determinar medidas en la fotografía.

- **Cámara réflex**

  En esta cámara se ve por el visor lo mismo que se va a fotografiar, sin ningún tipo de distorsión o disminución.

- **Cámara digital**

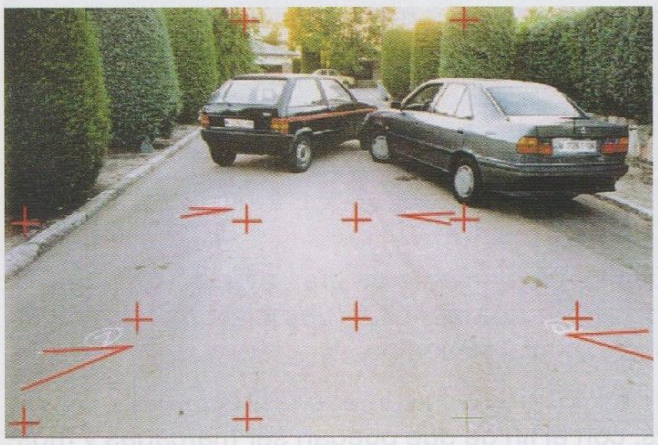
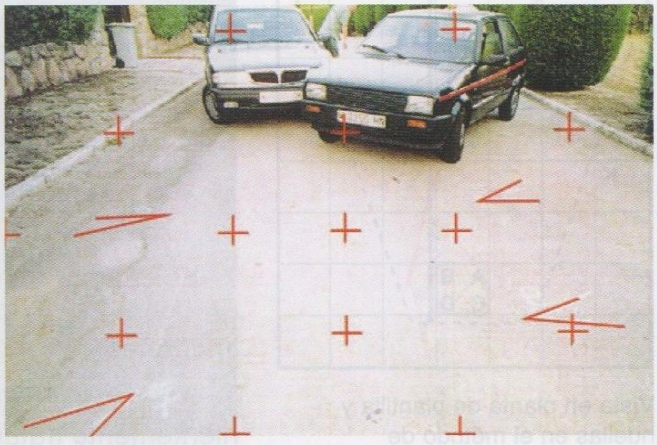
  Utilizan soportes informáticos de almacenamiento, que permiten visualizar directamente en el ordenador las fotos y poder ser tratadas en el mismo.

Cámara semimétrica.

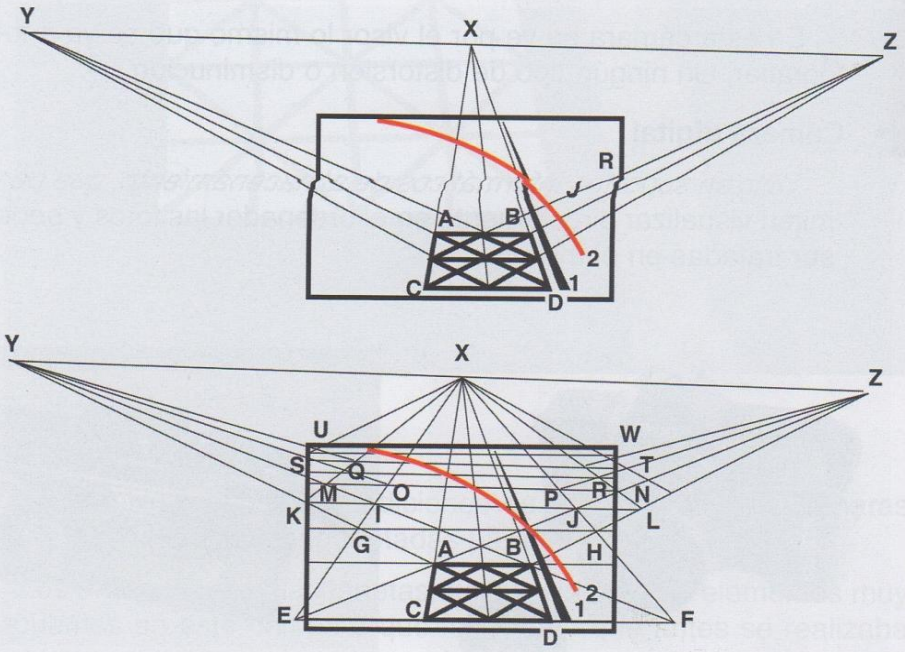
Cámara réflex convencional.

Cámara digital de lente calibrada.

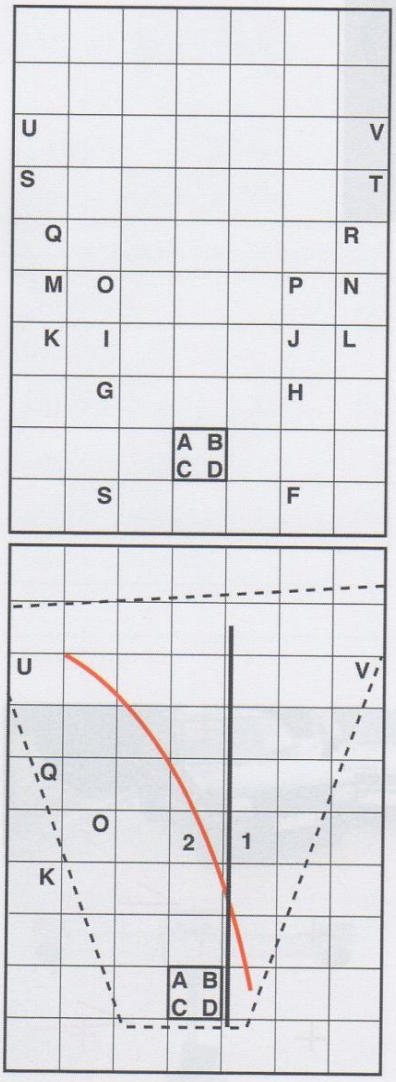
Toma de puntos sobre la fotografía.



Fotografías con la retícula para la obtención de medidas.

## Proceso de la obtención de datos a través de la fotografía




Medición de distancias con fotografías (Dibujo A).




Vista en planta de plantilla y huellas en el método de fotogrametría.

Para obtener medidas a partir de fotografías, se puede utilizar una plantilla cuadrada de medidas conocidas (por ejemplo, de 1 metro de lado) sobre la que se dibujan sus diagonales, dividiéndola en cuatro cuadrados iguales, como se puede ver en el dibujo A.

Esta plantilla se coloca en el suelo, junto a lo que se desea fotografiar. Una vez obtenida la fotografía, se prolongan las líneas de la plantilla, de manera que, por la perspectiva cónica de la foto, irán a tres puntos X, Y y Z, que darán la línea de horizonte. A partir de aquí, según se ve en el dibujo, se pueden reproducir sobre la foto tantas plantillas como se desee, de manera que permitan medir distancias por comparación con las plantillas obtenidas.

## 5.4.3. Vídeo

La cámara de vídeo es un elemento de gran ayuda, ya que recoge una serie de fotogramas, que permiten una mayor selección de imágenes en un breve espacio de tiempo.

Para un estudio minucioso de estas imágenes, deben ser convenientemente tratadas, con el fin de que puedan ser marcadas y mostradas en un informe escrito.

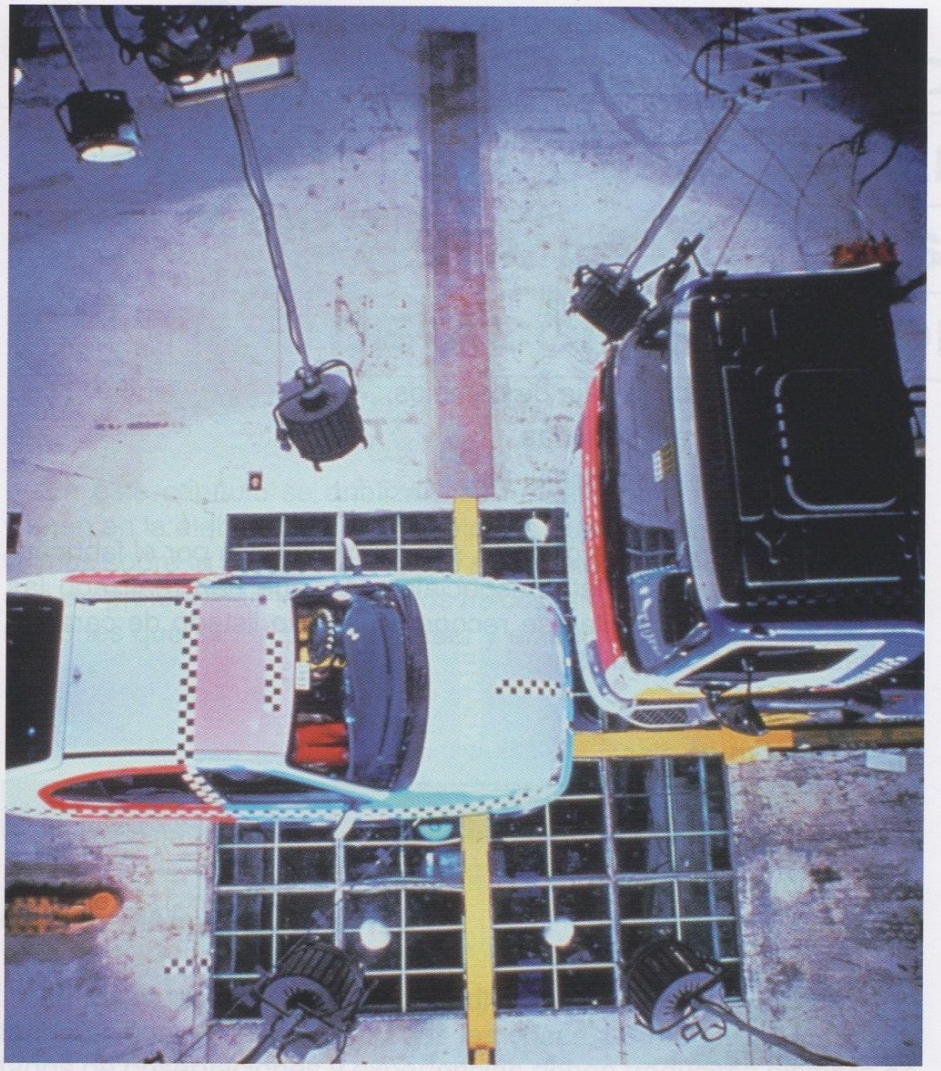


Imagen de la colisión frontal de un turismo y camión.

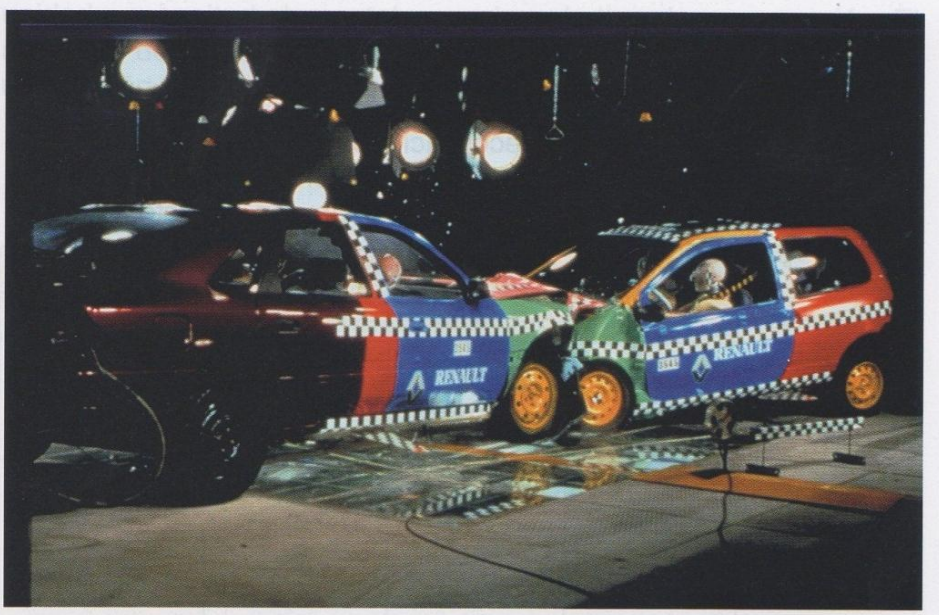


Imagen capturada de un choque simulado.

### 5.4.4. Publicaciones especializadas

Una de las herramientas más utilizadas en la reconstrucción de accidentes son ciertas publicaciones que recogen innumerables datos técnicos de vehículos:

— Dimensiones.
— Prestaciones.
— Distancias de frenada.
— Pesos.
— Desarrollo de la caja de cambios.
— Diámetro de las ruedas.
— Equipamiento opcional, etc.

Estos datos, por regla general, son suministrados por el fabricante o publicados por revistas especializadas, que han realizado las pruebas técnicas. En ellas se recoge un amplio listado de características de cada vehículo:

— Categoría.
— Número de ejes.
— Potencia.
— Tipo de motor.
— Número de bastidor.
— Peso del vehículo.
— Carga máxima.
— Longitud.
— Anchura.
— Altura.
— Batalla.
— Vía delantera.
— Vía trasera.

Algunos editores realizan recopilaciones de diferentes vehículos. Los catálogos de los fabricantes también son útiles en numerosas ocasiones; no obstante, en ellos suelen aparecen aspectos más comerciales que técnicos.

# 6 FUNDAMENTOS FÍSICOS Y SU APLICACIÓN A LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO

En este capítulo se analizan los fundamentos físicos que intervienen en la elaboración de los cálculos que pueden aparecer en informes sobre la reconstrucción de accidentes de tráfico. No se abordan en profundidad los principios físicos, sino que se exponen unas nociones que sirvan para entender y elaborar una reconstrucción.

## 6.1. Fundamentos físicos

### 6.1.1. Magnitudes físicas

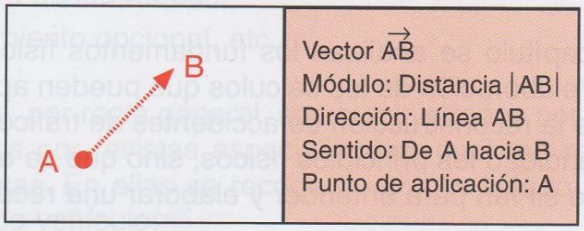
La Física es una ciencia de medidas, hasta el punto de que pretende asignar un número a todas las cosas, de modo que los resultados de observaciones y experiencias deben traducirse siempre en cifras. Por consiguiente, para cada una de las magnitudes físicas que se vayan definiendo, es preciso introducir la correspondiente unidad o magnitud elemental, que sirva de tipo de comparación. El resultado de la medida no es tan sólo un número, sino un número y una unidad, ya que el primero, sin la segunda, carece de sentido.

| SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Magnitud** | **Unidad** | **Símbolo** | **Relaciones** |
| **Unidades fundamentales** | Masa<br>Longitud<br>Tiempo | Kilogramo<br>Metro<br>Segundo | kg<br>m<br>s | M<br>L<br>T |
| **Unidades derivadas** | Velocidad<br>Aceleración<br>Fuerza<br>Energía<br>Potencia | Metros/seg<br>Metros/seg$^2$<br>Newton<br>Julio<br>Watio | $m \times s^{-1}$<br>$m \times s^{-2}$<br>N<br>J<br>W | $V = L/T$<br>$A = L/T^2$<br>$F = M \times a$<br>$E = F \times L$<br>$P = E/T$ |

### 6.1.2. Magnitudes escalares y vectoriales

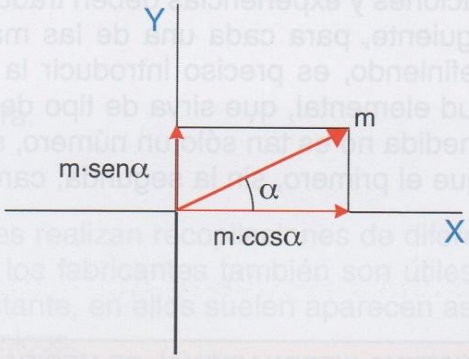
— Son magnitudes escalares aquéllas que quedan perfectamente determinadas por un valor numérico (temperatura, masa, energía, etc.).

— Son magnitudes vectoriales aquéllas que no quedan definidas sólo por su valor numérico, sino que, para que resulten unívocamente definidas, es necesario también conocer su dirección, sentido y punto de aplicación (velocidad, fuerza, etc.). Como indicación de su carácter vectorial, se suelen representar con una flecha encima de su símbolo: $\vec{V}$, $\vec{F}$, etc.




### 6.1.3. Descomposición de las componentes de un vector

Si se tiene un vector con su punto de aplicación en el origen de coordenadas, para descomponerlo en sus proyecciones sobre el eje X e Y se deberá multiplicar respectivamente su módulo por el coseno o el seno del ángulo que forma respecto al eje horizontal, según se indica en la figura siguiente.




### 6.1.4. Conceptos de masa y peso

- **Masa:**

  Es la cantidad de materia que posee un objeto (magnitud escalar).

- **Peso:**

  Es la fuerza de atracción que ejerce la tierra sobre los objetos (magnitud vectorial).

El peso de un objeto se obtiene multiplicando su masa por la aceleración de la gravedad, que es 9,8 m/s².

La masa vendrá expresada en kg y, el peso, en Newtons.

**Ejemplo:** la masa de una persona son 75 kg; su peso será:

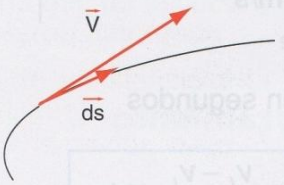
$$P = m \cdot \vec{g} = 75 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 = 735 \text{ Nw}$$

## 6.1.5. Conceptos de velocidad y aceleración

La velocidad de un móvil se obtiene dividiendo el desplazamiento efectuado por el tiempo empleado. El valor obtenido refleja la velocidad media en un intervalo determinado.

$$v = \frac{s}{t}$$

También se puede hablar de velocidad instantánea, que es la velocidad real del móvil en cada punto de su trayectoria:




$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}$$

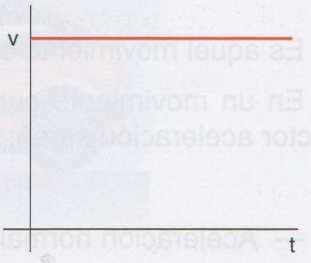
La aceleración se define como la variación de la velocidad por unidad de tiempo.

$$a = \frac{v}{t} \qquad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

## 6.1.6. Movimiento rectilíneo uniforme

Es aquél en el que la velocidad se mantiene constante a lo largo de todo el trayecto.

$$v = \frac{s}{t} = \text{cte.}$$

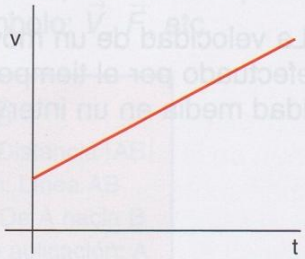


### 6.1.7. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Es aquel movimiento cuya trayectoria es una recta y en el que la aceleración se mantiene constante. La velocidad tendrá una variación constante a lo largo del tiempo.

En este tipo de movimiento, las fórmulas a utilizar serán:

$$v_f = v_i + a \cdot t$$




$v_f$ = Velocidad final en m/s

$v_i$ = Velocidad inicial en m/s

$a$ = Aceleración en m/s²

$t$ = Tiempo en segundos

$$s = v_i \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$s$ = Distancia recorrida en metros

$v_i$ = Velocidad inicial en m/s

$a$ = Aceleración en m/s²

$t$ = Tiempo empleado en segundos

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \text{cte.}$$

$v_f$ = Velocidad final en m/s

$v_i$ = Velocidad inicial en m/s

$a$ = Aceleración en m/s²

$t$ = Tiempo en segundos

$s$ = Espacio en metros

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 \cdot s} = \text{cte.}$$

### 6.1.8. Movimiento curvilíneo

Es aquel movimiento cuya trayectoria describe un arco.

En un movimiento curvilíneo, las componentes intrínsecas del vector aceleración serán:

— Aceleración normal: $a_n = \frac{v^2}{R}$

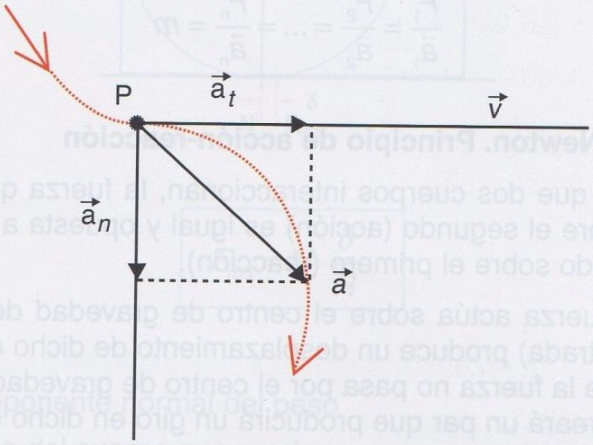
— Aceleración tangencial: $a_t = \frac{v}{t}$

Siendo:

$v$ = Velocidad en m/s

$R$ = Radio de la curva en m

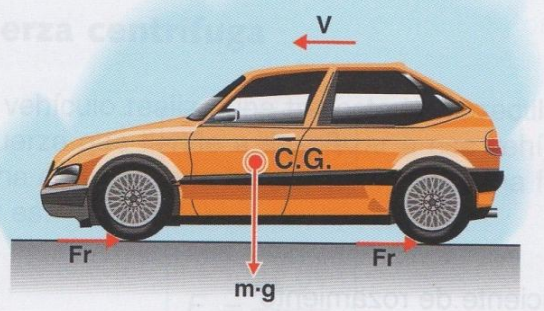
$t$ = Tiempo en s




## 6.1.9. Principios fundamentales de la dinámica

### 1.ª Ley de Newton. Principio de inercia

Un cuerpo en reposo o en movimiento uniforme permanecerá en reposo o en movimiento uniforme a menos que se le aplique alguna fuerza exterior. Cuando nos desplazamos en un vehículo y éste frena, experimentamos una fuerza que nos impulsa a seguir moviéndonos en la misma dirección. Es decir, tendemos a mantener nuestro movimiento.




Principio de inercia.

### 2.ª Ley de Newton. Principio fundamental de la dinámica

La fuerza que actúa sobre un cuerpo es directamente proporcional a la masa y a la aceleración con la que se mueve.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

La relación que existe entre la fuerza que se aplica a un cuerpo y la aceleración que éste adquiere es un coeficiente característico del cuerpo, que recibe el nombre de masa inerte.

$$\frac{\vec{F}_1}{\vec{a}_1} = \frac{\vec{F}_2}{\vec{a}_2} = \ldots = \frac{\vec{F}_n}{\vec{a}_n} = m$$

### 3.ª Ley de Newton. Principio de acción-reacción

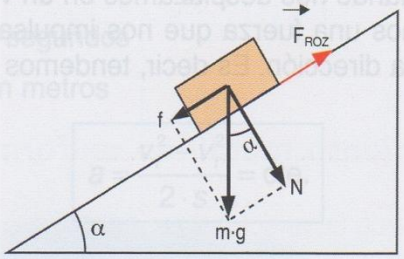
Siempre que dos cuerpos interaccionan, la fuerza que ejerce el primero sobre el segundo (acción) es igual y opuesta a la que ejerce el segundo sobre el primero (reacción).

Si una fuerza actúa sobre el centro de gravedad de un cuerpo (fuerza centrada) produce un desplazamiento de dicho cuerpo. Si la dirección de la fuerza no pasa por el centro de gravedad (fuerza excéntrica), creará un par que producirá un giro en dicho cuerpo.

## 6.1.10. Fuerza de rozamiento

- **Rozamiento por deslizamiento**

Se define la fuerza de rozamiento por deslizamiento entre dos superficies como el producto de la componente normal del peso por el coeficiente de rozamiento entre ambas.




$$\vec{F}_{Roz} = \mu \cdot N$$

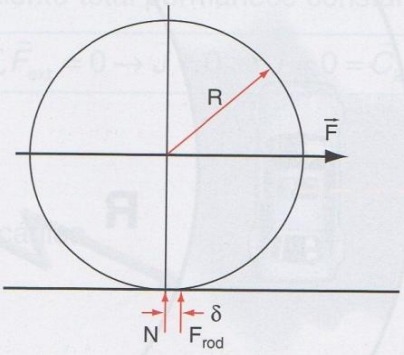
Siendo:

$\mu$ = Coeficiente de rozamiento

$N$ = Componente del peso normal al plano

- **Resistencia a la rodadura**

Es aquella fuerza que se opone a que un cuerpo ruede libremente sobre otro.




$$F_{rod} = N \cdot \frac{\delta}{R}$$

Siendo:

$N$ = Componente normal del peso

$R$ = Radio del cuerpo que rueda

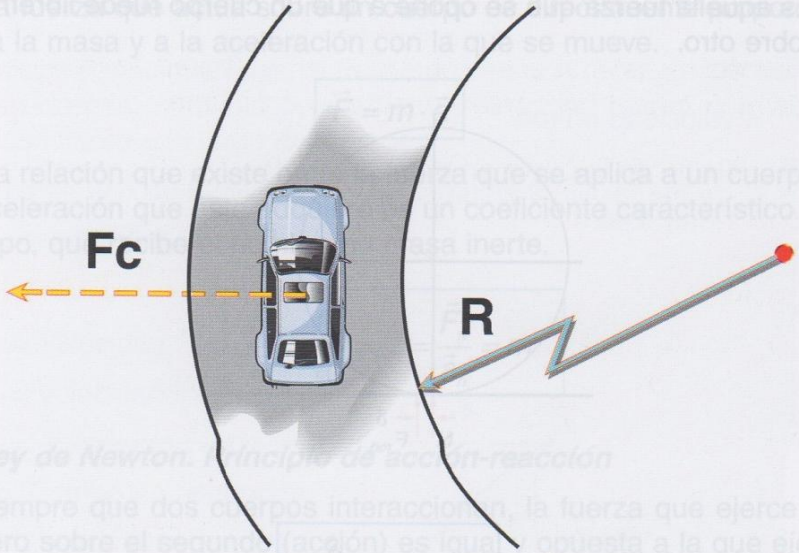
$\delta$ = Coeficiente de resistencia a la rodadura (en unidades de longitud)

| COEFICIENTES DE RODADURA | | |
|---|---|---|
| Terreno | Valor de $\delta$ (m) | |
| | Nuevo | Usado |
| Asfalto | 0,01 | 0,02 |
| Hormigón | 0,015 | 0,025 |
| Adoquín | 0,015 | 0,03 |
| Balasto | 0,02 | 0,04 |
| Tierra | 0,05 | 0,15 |
| Arena | 0,15 | 0,3 |

## 6.1.11. Fuerza centrífuga

Cuando un vehículo realiza una trayectoria no rectilínea (curva), aparece una fuerza que tiende a desplazar a ese vehículo hacia el exterior de dicha curva. A esta fuerza se le denomina fuerza centrífuga y su valor es:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$$




Siendo:

$F_C$ = Fuerza centrífuga en N

m = Masa del cuerpo en kg

v = Velocidad en m/s

R = Radio de la curva en m

## 6.1.12. Cantidad de movimiento o momento lineal. Impulso mecánico

Cantidad de movimiento o momento lineal de un cuerpo es el producto de su masa por la velocidad que lleva:

$$\vec{C} = m \cdot \vec{v}$$

Cuanto mayor es el tiempo que está actuando una fuerza sobre un cuerpo, tanto mayor es la velocidad que adquiere. Es decir, la variación de velocidad de un móvil depende tanto de la fuerza que se le aplica como del tiempo que ésta actúa. Por ello, en Física, se introduce una magnitud llamada impulso mecánico, que viene dada por el producto de la fuerza por el tiempo de acción.

$$\vec{J} = \vec{F} \cdot t$$

Por tanto, el impulso mecánico se emplea para variar la cantidad de movimiento:

$$\vec{J} = \vec{C}_2 - \vec{C}_1$$

### 6.1.13. Principio de conservación de la cantidad de movimiento

En todo el sistema sobre el que no actúan fuerzas externas, la cantidad de movimiento total permanece constante.

$$\text{Si } \Sigma \vec{F}_{ext} = 0 \rightarrow \vec{J} = 0 \rightarrow \vec{J} = 0 = \vec{C}_2 - \vec{C}_1$$

donde

$\vec{F}$ = fuerza

$\vec{J}$ = impulso mecánico

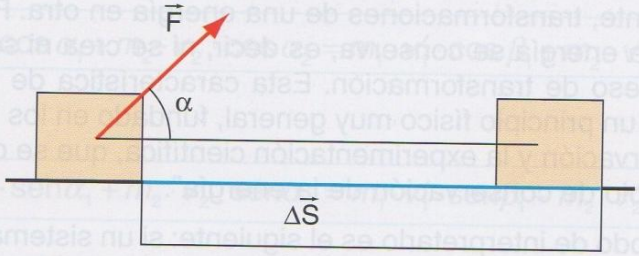
Por tanto:

$\vec{C}_1 = \vec{C}_2$ = Cantidad de movimiento inicial = Cantidad de movimiento final

### 6.1.14. Conceptos de energía y trabajo

Se define el trabajo T realizado por una fuerza $\vec{F}$ aplicada sobre un cuerpo a lo largo de un desplazamiento $\Delta\vec{S}$ como el producto escalar de la fuerza por el desplazamiento:

$$T = \vec{F} \cdot \Delta\vec{S} \cdot \cos\alpha$$




El ángulo $\alpha$ es el formado por la dirección de la fuerza y la dirección del desplazamiento.

Energía se puede definir como la capacidad para realizar un trabajo. Entre la capacidad para realizar algo y ese algo realizado no existe diferencia real, sino conceptual. Una forma práctica de diferenciar tipos de energía es analizar cómo adquieren los cuerpos esa capacidad de trabajo, dando origen a las distintas clases de energía: mecánica (cinética y potencial), calorífica, química, etc.

- **Energía cinética**

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Es la que posee un cuerpo debido a su velocidad.

- **Energía potencial**

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Es la que posee un cuerpo debido a su altura respecto de un plano de referencia.

- **Energía de rozamiento**

$$E_{roz} = F_{roz} \cdot l$$

Siendo:

$l$ = desplazamiento

- **Energía de deformación**

$$E_{def} = \frac{F_{def} \cdot d}{2}$$

Siendo:

$d$ = deformación

## 6.1.15. Principio de conservación de la energía

Los cambios que sufren los sistemas materiales llevan asociados, *precisamente, transformaciones de una energía en otra. Pero en todas ellas la* energía se conserva, es decir, ni se crea ni se destruye en el proceso de transformación. Esta característica de la energía constituye un principio físico muy general, fundado en los resultados de la observación y la experimentación científica, que se conoce como "principio de conservación de la energía".

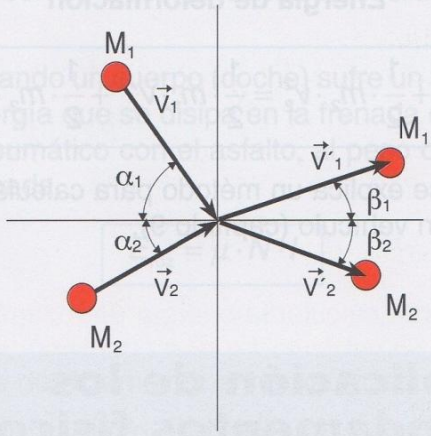
Otro modo de interpretarlo es el siguiente: si un sistema físico está aislado, de modo que no cede energía ni la toma del exterior, la suma de todas las cantidades correspondientes a sus distintas formas de energía permanece constante. Dentro del sistema pueden darse procesos de transformación, pero siempre la energía ganada por una parte del sistema será cedida por otra.

## 6.1.16. Energía de deformación: choques elásticos e inelásticos

Las colisiones entre los cuerpos se pueden divir en dos: choques elásticos y choques inelásticos.

- **Choques elásticos**

Son aquellos en los que se conserva toda la energía cinética durante el choque.




Por lo tanto, se cumplirá que:

La cantidad de movimiento inicial debe ser igual a la cantidad de movimiento final.

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}'_1 + m_2 \cdot \vec{v}'_2$$

Este mismo principio se puede aplicar y descomponer en los ejes X e Y, de la siguiente forma:

**Eje X:**

$$m_1 \cdot v_1 \cdot \cos\alpha_1 + m_2 \cdot v_2 \cdot \cos\alpha_2 = m_1 \cdot v'_1 \cdot \cos\beta_1 + m_2 \cdot v'_2 \cdot \cos\beta_2$$

**Eje Y:**

$$-m_1 \cdot v_1 \cdot \text{sen}\alpha_1 + m_2 \cdot v_2 \cdot \text{sen}\alpha_2 = m_1 \cdot v'_1 \cdot \text{sen}\beta_1 - m_2 \cdot v'_2 \cdot \text{sen}\beta_2$$

Como la energía cinética se conserva, se cumplirá que:

**Energía cinética inicial = Energía cinética final**

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v'^2_1 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v'^2$$

- **Choques inelásticos**

Son aquellos en los que, tras el choque, parte de la energía cinética (o toda) se ha convertido en calor o en energía de deformación.

Es un caso más real. También son aplicables las mismas fórmulas de conservación de la cantidad de movimiento, pero hay que variar la de conservación de la energía mecánica.

**Energía cinética inicial = Energía cinética final + Energía de deformación**

$$\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot v_1^2+\frac{1}{2}\cdot m_2\cdot v_2^2=\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot v_1'^2+\frac{1}{2}\cdot m_2\cdot v_2'^2+E_{def}$$

En este libro, se explica un método para calcular las energías de deformación de un vehículo (capítulo 9).

## 6.2. Aplicación de los fundamentos físicos

Una vez analizados los fundamentos físicos que se van a necesitar para la resolución de las reconstrucciones, se procederá a aplicarlos a los casos reales que se pueden plantear.

### 6.2.1. Cálculo de la energía cinética

Todo objeto (vehículo) en movimiento posee una energía cinética, que será:

$$E_c=\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

Siendo:

$m$ = Masa del vehículo (kg)

$v$ = Velocidad, en m/s

$E_C$ = Energía cinética, en julios

Para calcular la energía cinética de un coche que circula a 80 km/h y cuya masa es de 1.000 kg, procedemos de la manera que se indica a continuación.

Lo primero que se ha de hacer es transformar las unidades a un mismo sistema. Recordemos en este punto que, para pasar de km/h a m/s, hay que dividir entre 3,6, mientras que para efectuar el cambio de unidades inverso habrá que multiplicar. Es decir, 1 m/s = 3,6 km/h.

Así, 80 km/h = 22,22 m/sg

$$E_c=\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=\frac{1}{2}\cdot 1.000\ \text{kg}\cdot(22{,}22\ \text{m/s})^2=246.864\ \text{Julios}$$

## 6.2.2. Cálculo de la energía de rozamiento

El efecto de frenada consiste, por tanto, en transformar la energía cinética del vehículo en movimiento en calor, debido al rozamiento mutuo entre los elementos de frenado (zapatas de frenado y tambor; pastillas de freno con su disco y neumático deslizando sobre el asfalto).

Por lo tanto, cuando un cuerpo (coche) sufre un frenazo y bloquea las ruedas, la energía que se disipa en la frenada es proporcional al rozamiento del neumático con el asfalto, al peso del vehículo y a la longitud de la frenada.

$$E_{roz} = \mu \cdot N \cdot l$$

Siendo:

$\mu$ = Coeficiente de rozamiento entre neumático y asfalto.

$N$ = Normal (en un plano horizontal, la componente Normal es igual al peso).

$l$ = Longitud de la huella de frenada.

A continuación, se presenta una tabla de coeficientes de rozamiento entre diferentes superficies asfálticas y neumático.

| COEFICIENTES DE ROZAMIENTO (μ) | | | |
|---|---|---|---|
| Terreno | Estado del terreno | Neumáticos | |
| | | Nuevos | Viejos |
| Hormigón | Seco | 0,9 - 0,7 | 0,6 - 0,4 |
| | Mojado | 0,6 - 0,4 | 0,4 - 0,3 |
| Asfalto grueso | Seco | 0,9 - 0,7 | 0,6 - 0,4 |
| | Mojado | 0,6 - 0,4 | 0,4 - 0,3 |
| Asfalto normal | Seco | 0,9 - 0,7 | 0,6 - 0,4 |
| | Mojado | 0,6 - 0,4 | 0,4 - 0,3 |
| Barro | | 0,2 | 0,1 |
| Hielo | | 0,1 | 0,1 |

**Ejemplo:**

Vamos a calcular la energía de rozamiento disipada por un vehículo de 1.000 kg de masa, que deja una huella de frenada de 40 metros.

Pavimento en buen estado y seco: $\mu = 0,8$

$$E_{roz} = \mu \cdot N \cdot l = 0,8 \cdot 1.000\ \text{kg} \cdot 9,8\ \text{m/s}^2 \cdot 40\ \text{m} = 313.600\ \text{Julios}$$

Si se conoce la energía de rozamiento disipada en los 40 metros de frenada, sin colisionar contra ningún obstáculo, se podrá calcular

la velocidad que llevaba este vehículo en el momento de bloqueo de las ruedas. Esto es así porque toda la energía cinética que poseía el vehículo la ha disipado en forma de energía de rozamiento aplicando la siguiente fórmula y despejando v:

$$E_{ROZ} = E_C$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 313.600 \text{ Julios}$$

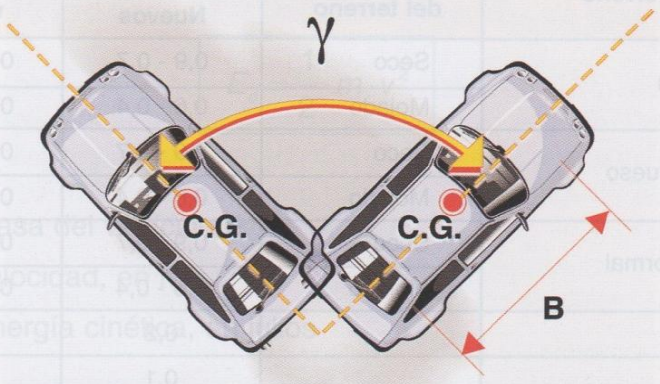
$$V = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 313.600}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 313.600}{1.000}} = 25,04 \text{ m/s} = 90 \text{ km/h}$$

También se podrá calcular la energía de rozamiento disipada por efecto del giro de un vehículo. La energía disipada en el giro será:

$$E_G = \mu \cdot N \cdot \gamma \cdot \frac{B}{2}$$

Siendo:

$\mu$ = Coeficiente de rozamiento
$N$ = Componente normal del peso
$\gamma$ = Ángulo girado en radianes
$B/2$ = Semibatalla del vehículo




C.G.: Centro de gravedad

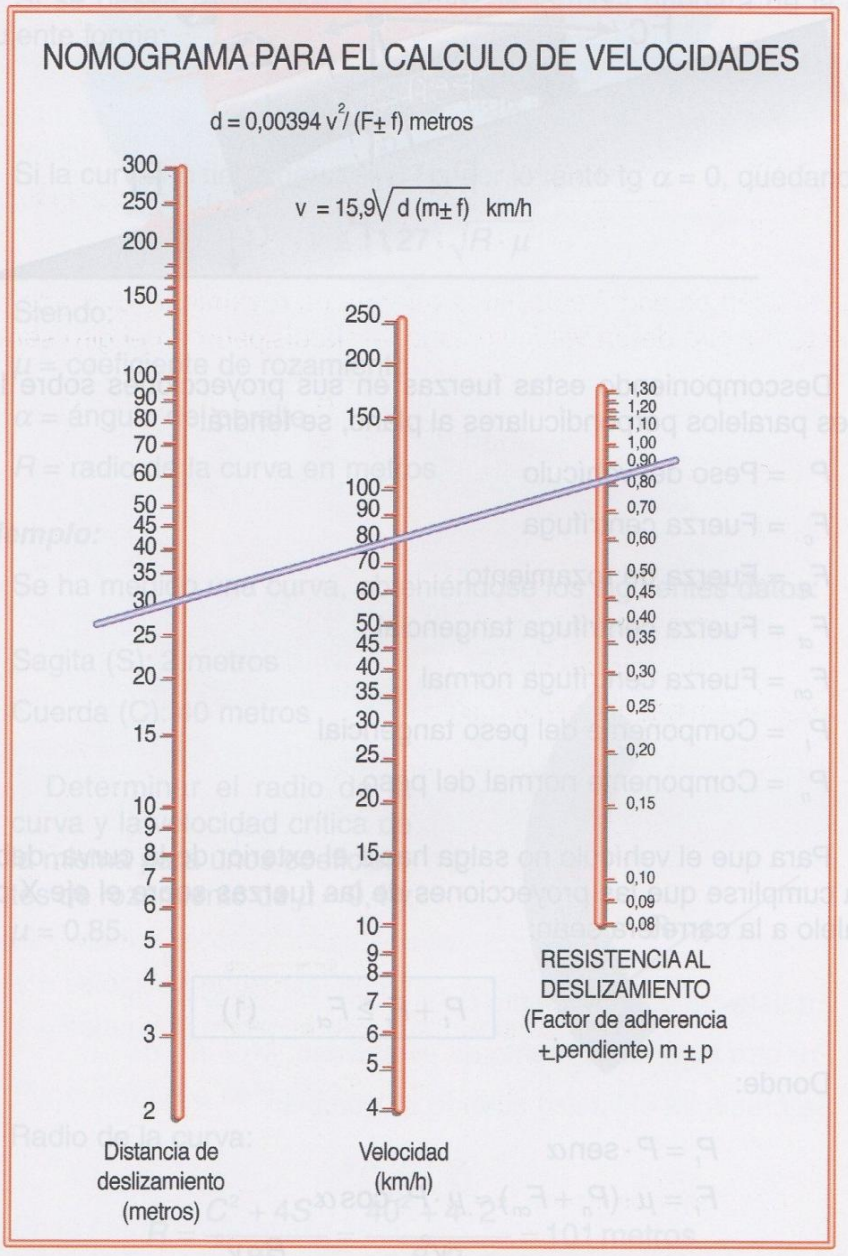
- **Nomograma para el cálculo de velocidades**

Una forma rápida de poder determinar la velocidad de un vehículo a partir de una huella de frenada, siempre y cuando no hubiese colisionado contra otro vehículo u obstáculo, sería mediante un nomograma de velocidades.

La forma de proceder es la siguiente:

En la columna de la izquierda se presentan las longitudes de deslizamiento, es decir, las longitudes de la huella de frenada en metros y, en la columna de la derecha, los coeficientes de rozamiento.

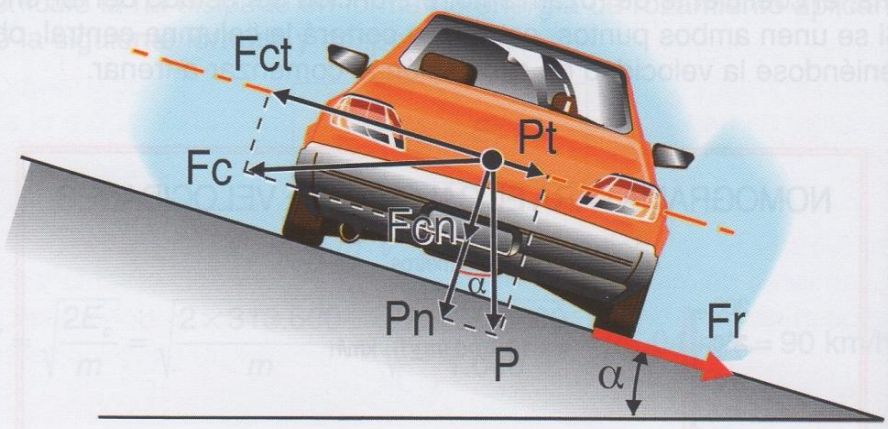
Para determinar la velocidad, se deberá tomar, en la columna de la izquierda, la longitud de la huella de frenada y, en la de la derecha, el coeficiente de rozamiento, en función del estado del terreno. Si se unen ambos puntos, esta línea cortará la columna central, obteniéndose la velocidad de circulación al comenzar a frenar.




Nomograma para el cálculo de velocidades a partir de la huella de frenado y del coeficiente de rozamiento.

## 6.2.3. Cálculo de la velocidad en las curvas (peraltes)

Al tomar una curva, el vehículo se ve sometido a una fuerza centrífuga ($F_c$) horizontal y otra vertical, correspondiente a su peso ($P$).




Descomponiendo estas fuerzas en sus proyecciones sobre los *ejes paralelos perpendiculares al plano, se tendrá:*

$P$ = Peso del vehículo

$F_c$ = Fuerza centrífuga

$F_R$ = Fuerza de rozamiento

$F_{ct}$ = Fuerza centrífuga tangencial

$F_{cn}$ = Fuerza centrífuga normal

$P_t$ = Componente del peso tangencial

$P_n$ = Componente normal del peso

Para que el vehículo no salga hacia el exterior de la curva, deberá cumplirse que las proyecciones de las fuerzas sobre el eje X paralelo a la carretera sean:

$$P_t + F_r \geq F_{ct} \qquad (1)$$

Donde:

$$P_t = P \cdot \operatorname{sen}\alpha$$

$$F_r = \mu \cdot (P_n + F_{cn}) \approx \mu \cdot P \cdot \cos\alpha$$

$$F_{ct} = F_c \cdot \cos\alpha = m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos\alpha = \frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos\alpha$$

Igualando según la expresión (1):

$$P \cdot \operatorname{sen}\alpha + \mu \cdot P \cdot \cos\alpha \geq \frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos\alpha \rightarrow$$

$$\operatorname{sen}\alpha + \mu \cdot \cos\alpha \geq \left(\frac{v^2}{R \cdot g}\right) \cdot \cos\alpha$$

Dividiendo todo por cos $\alpha$:

$$\text{tg}\alpha + \mu \geq \frac{v^2}{R \cdot g} \rightarrow v \leq \sqrt{R \cdot g \cdot (\text{tg}\alpha + \mu)}$$

Si se desea la velocidad en km/h, la fórmula quedará de la siguiente forma:

$$v \leq 11{,}27 \cdot \sqrt{R \cdot (\text{tg}\alpha + \mu)}$$

Si la curva no tiene peralte $\alpha = 0$; por lo tanto tg $\alpha = 0$, quedando:

$$v \leq 11{,}27 \cdot \sqrt{R \cdot \mu}$$

Siendo:

$\mu$ = coeficiente de rozamiento

$\alpha$ = ángulo del peralte

$R$ = radio de la curva en metros

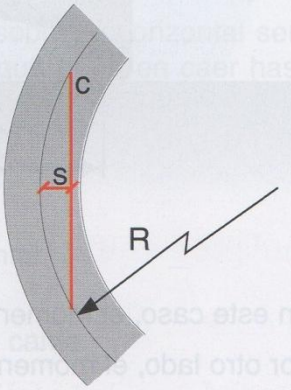
***Ejemplo:***

Se ha medido una curva, obteniéndose los siguientes datos:

Sagita (S): 2 metros

Cuerda (C): 40 metros

Determinar el radio de la curva y la velocidad crítica de la misma para unos coeficientes de rozamiento de $\mu = 0{,}4$ y $\mu = 0{,}85$.




Radio de la curva:

$$R = \frac{C^2 + 4S^2}{8S} = \frac{40^2 + 4 \cdot 2^2}{8 \cdot 2} = 101 \text{ metros}$$

Velocidad crítica para $\mu = 0{,}4$

$$V = 11{,}27\sqrt{R \cdot \mu} = 11{,}27\sqrt{101 \cdot 0{,}4} = 71{,}6 \text{ km/h}$$

Velocidad crítica para $\mu = 0{,}85$

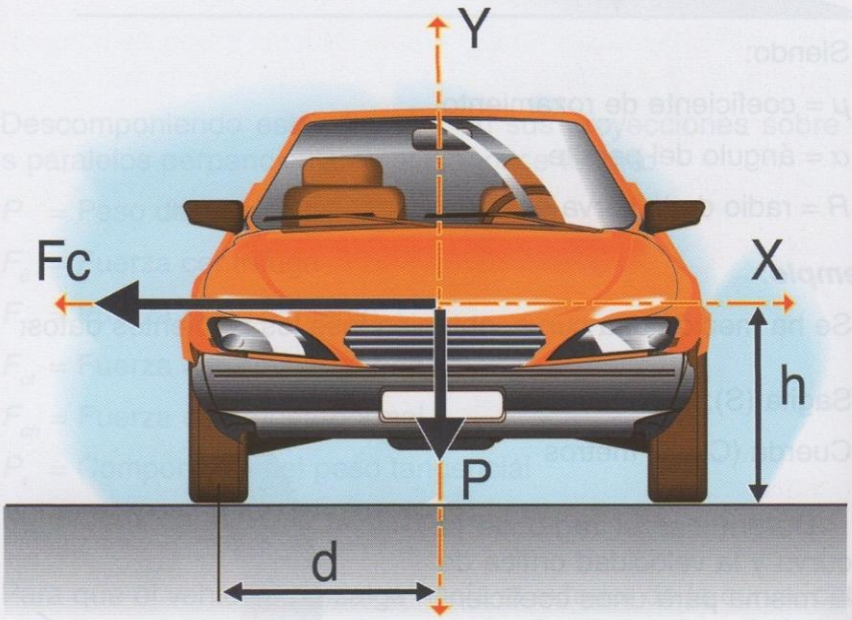
$$V = 11{,}27\sqrt{101 \cdot 0{,}85} = 104{,}4 \text{ km/h}$$

### 6.2.4. Vuelco de vehículos

El vuelco se puede producir al entrar en las curvas a gran velocidad.

Hoy en día, los vehículos están diseñados con centros de gravedad muy bajos y tienen una gran estabilidad, con lo que el riesgo de vuelco se reduce de forma considerable, siendo más proclives al derrapaje.

No obstante, si al derrapar los neumáticos chocan contra un bordillo u obstáculo, puede producirse el vuelco lateral del vehículo:




En este caso, el momento de vuelco será: $M_v = F_C \cdot h$

Por otro lado, el momento de estabilidad: $M_e = P \cdot d$

Se producirá el vuelco cuando se cumpla:

$$M_v \geq M_e$$

$$F_c \cdot h \geq P \cdot d$$

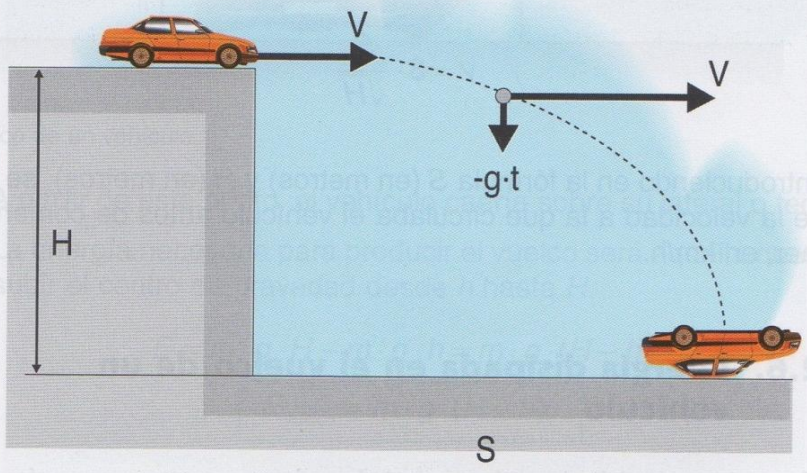
$$m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot h \geq m \cdot g \cdot d \Rightarrow$$

Despejando $v$ se obtiene la velocidad necesaria para que el vehículo vuelque:

$$v \geq \sqrt{\frac{g \cdot d \cdot R}{h}}$$

### 6.2.5. Velocidad de un vehículo al caer por un precipicio en función de su posición final

Cuando el vehículo ha saltado y no está sometido más que a su propio peso, describirá una trayectoria parabólica, y su movimiento podrá ser el definido por las ecuaciones del tiro parabólico.




El espacio recorrido por el vehículo sobre la horizontal será su velocidad multiplicada por el tiempo (*t*) que tarda en caer hasta el suelo.

$$S = v \cdot t$$

Siendo:

*S* = metros recorridos sobre la horizontal

*v* = velocidad horizontal en km/h

*t* = segundos transcurridos durante la caída

Por cinemática se sabe que el espacio recorrido es igual a:

$$s = {}^1/_2 \cdot a \cdot t^2$$

En la caída del vehículo será:

$$H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \quad (1)$$

Donde:

*H* = Altura de caída

*g* = 9,81 m/s²

*t* = Tiempo en caer

Lo que interesa es saber a qué velocidad circulaba el vehículo antes de iniciar la caída.

*Se despeja v:*

$$s = v \cdot t \Rightarrow v = \frac{s}{t}$$

Sustituyendo $t$ por la expresión (1) y multiplicando por 3,6 para expresar el resultado final en km/h, obtenemos:

$$v = 8 \cdot \frac{S}{\sqrt{H}}$$

Introduciendo en la fórmula $S$ (en metros) y $H$ (en metros), se obtiene la velocidad a la que circulaba el vehículo antes de comenzar a caer, en km/h.

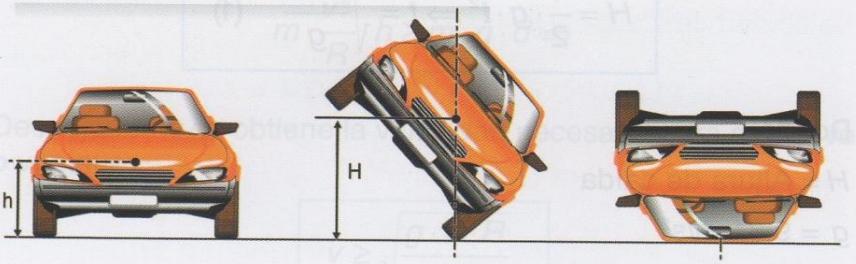
## 6.2.6. Energía disipada en el vuelco de un vehículo

Cuando un vehículo sufre un vuelco, consume una energía que se emplea en subir el centro de gravedad del coche.

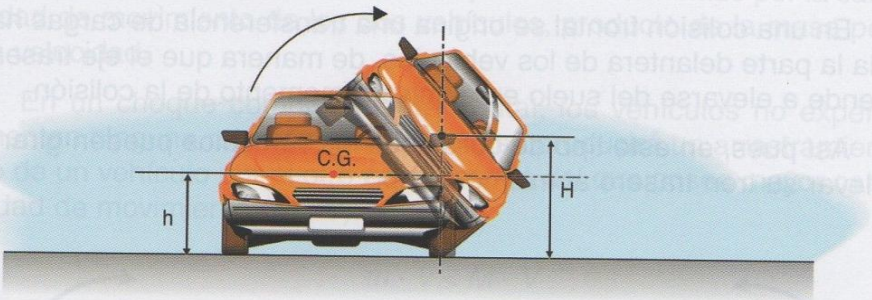
$h$ = altura del centro de gravedad del coche

$H$ = distancia desde el centro de gravedad hasta el borde exterior de la rueda

Cuando el vehículo vuelca, pasa por las siguientes posiciones:



Si el vehículo vuelca, es debido a que su centro de gravedad ha superado la vertical respecto a la rueda sobre la que gira en el vuelco.




Vuelco de un vehículo.

A partir de este punto, el vehículo caería sobre su lateral o techo.

La energía necesaria para producir el vuelco será aquella que hace subir el centro de gravedad desde *h* hasta *H*.

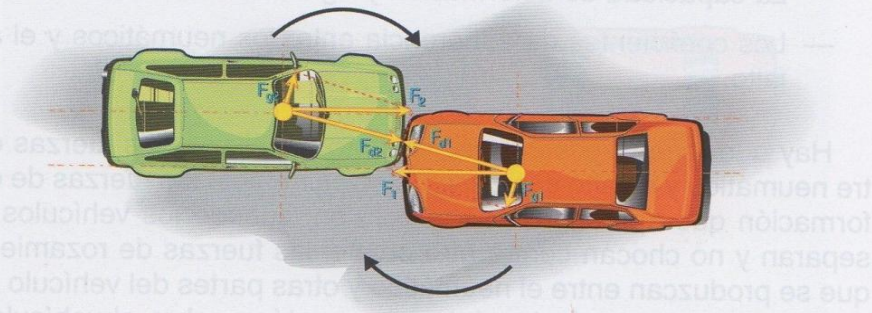
$$E = m \cdot g \cdot H - m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot (H - h)$$

$$E_{vuelco} = m \cdot g \cdot (H - h)$$

## 6.3. Fuerzas y movimientos de los vehículos durante el accidente

### 6.3.1. Fuerzas que aparecen durante la colisión

Cuando dos vehículos colisionan, en la zona de contacto entre ambos aparecen unas fuerzas cuya dirección es la de la línea que une los centros de gravedad, del mismo módulo y de sentidos opuestos.

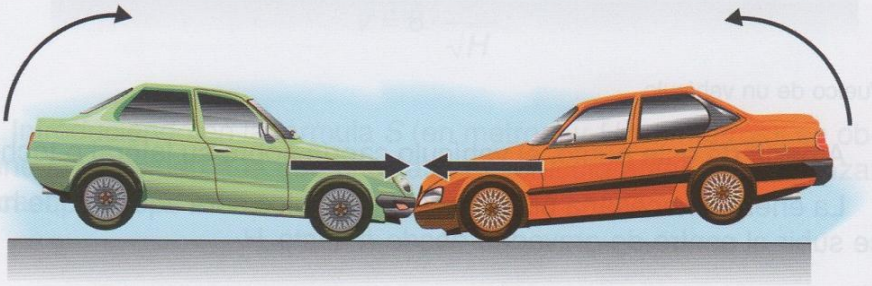



$$\vec{F}_{d1} = \vec{F}_{d2}$$

Se puede apreciar en el dibujo cómo se descompone la fuerza $F$ en dos perpendiculares: $F_d$ produce la deformación y el aplastamiento, y $F_g$ produce el giro del vehículo.

En una colisión frontal se origina una transferencia de cargas hacia la parte delantera de los vehículos, de manera que el eje trasero tiende a elevarse del suelo en el mismo momento de la colisión.

Así pues, en este tipo de colisiones los vehículos pueden girar y elevar su tren trasero al mismo tiempo.



Movimiento de los vehículos en una colisión frontal.

### 6.3.2. Movimientos de los vehículos durante el accidente

Cuando dos vehículos colisionan, los parámetros que van a influir en el movimiento durante y después de la colisión son:

- Sus masas.
- Sus dimensiones (longitud, anchura, altura, etc.).
- La posición de sus centros de gravedad.
- El momento de inercia.
- Las velocidades antes de la colisión.
- El ángulo de colisión entre los dos vehículos.
- La capacidad de deformación y rigidez de la carrocería.
- Los coeficientes de adherencia entre los neumáticos y el asfalto.

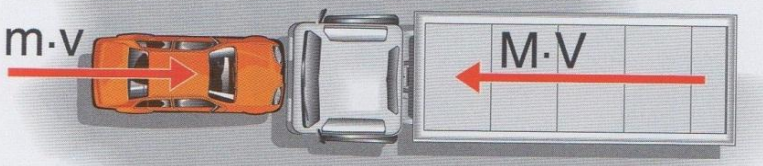
Hay que tener presente que, durante la colisión, las fuerzas entre neumático y asfalto son despreciables frente a las fuerzas de deformación que aparecen. Tras la colisión, cuando los vehículos se separan y no chocan contra otro objeto, las fuerzas de rozamiento que se produzcan entre el neumático y otras partes del vehículo sobre el pavimento serán las únicas que actúen sobre el vehículo y, por tanto, serán las que determinen su movimiento después de la colisión.

- **Colisión completamente frontal**

Cuando dos vehículos colisionan de forma completamente frontal, el comportamiento de cada uno quedará determinado por la cantidad de movimiento de los dos vehículos, producto de la masa por la velocidad.

En un choque completamente frontal, los vehículos no experimentan ninguna rotación; únicamente se producirá un arrastramiento de un vehículo por el otro en el sentido del que posea mayor cantidad de movimiento ($M \cdot V$).

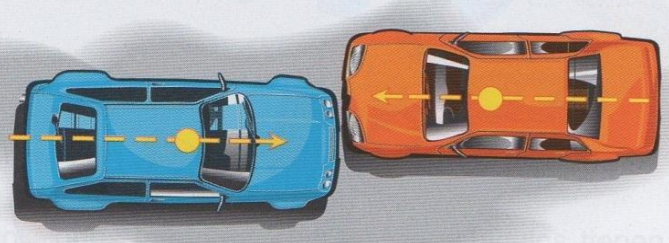
$$m \cdot v < M \cdot V$$




Colisión frontal centrada.

- **Colisión frontal excéntrica**

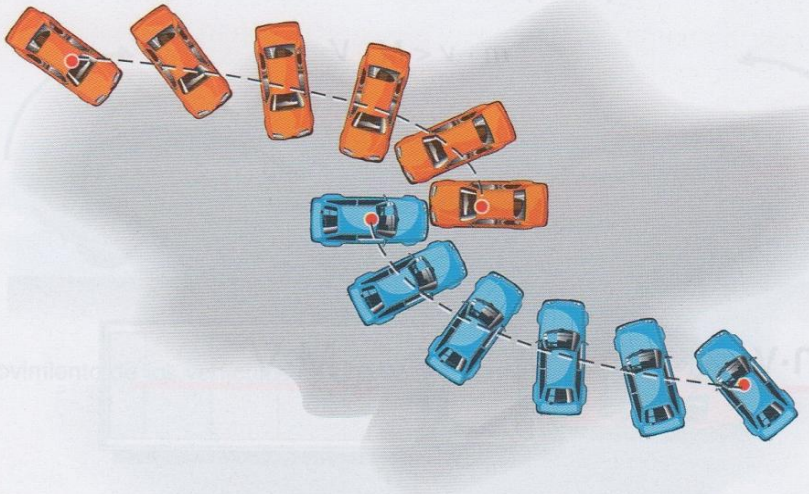
Se denomina colisión excéntrica a aquélla en la que la dirección de las fuerzas de colisión no pasa por los centros de gravedad de los vehículos.



Colisión frontal excéntrica.

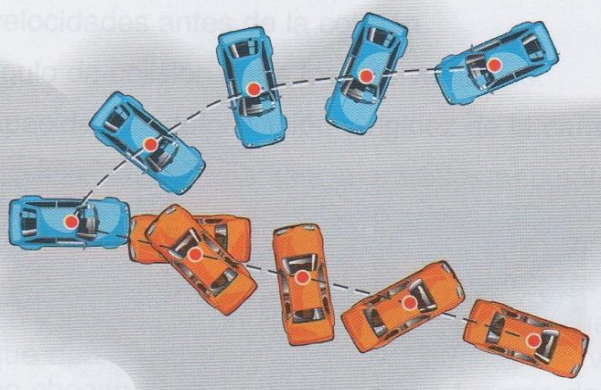
Esta excentricidad va a ocasionar un giro de los vehículos sobre su centro de gravedad; cuanto mayor sea la excentricidad en el momento de la colisión, mayor será el giro sufrido por los vehículos.

Cuando colisionan dos vehículos con similar cantidad de movimiento, tanto el giro como los desplazamientos posteriores a la colisión son muy parecidos, como se puede apreciar en el dibujo que ilustra este caso.



Colisión frontal excéntrica de dos vehículos con similar cantidad de movimiento.

En el caso de colisionar dos vehículos de forma frontal y excéntrica con diferentes cantidades de movimiento, el vehículo con mayor cantidad de movimiento continúa desplazándose en su sentido tras la colisión, mientras que al otro vehículo le hace retroceder, invirtiendo su sentido de marcha.



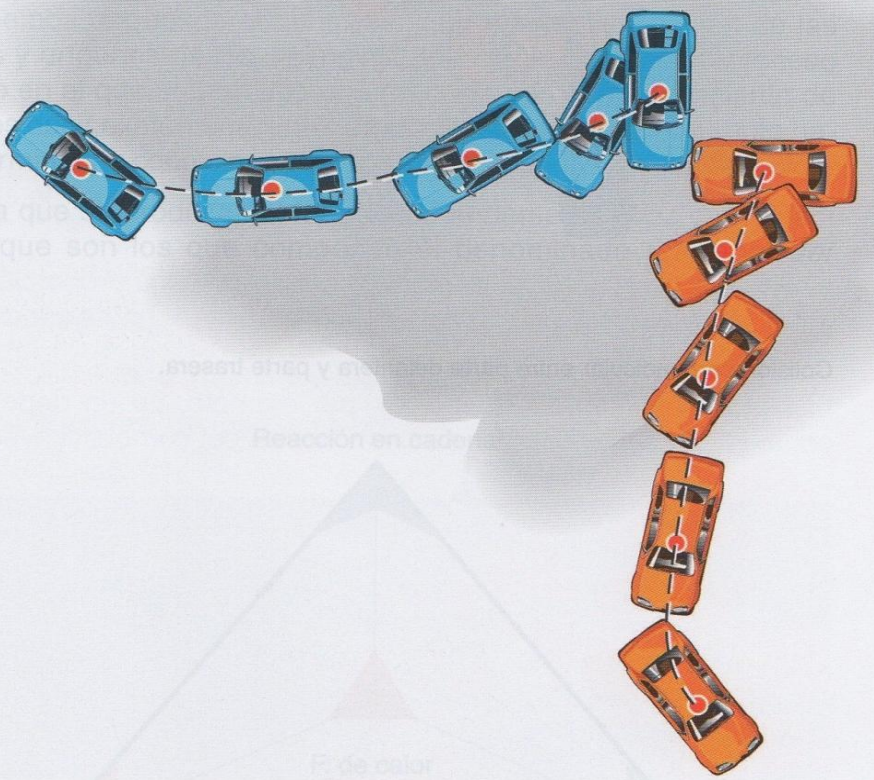
Colisión frontal excéntrica de dos vehículos con diferente cantidad de movimiento.

- **Colisión lateral**

Colisión lateral es aquélla en la que uno de los vehículos golpea con su frontal (total o parcialmente) contra el lateral del otro vehículo.

En la mayoría de colisiones de este tipo, las trayectorias de los vehículos suelen ser perpendiculares o casi perpendiculares entre sí.

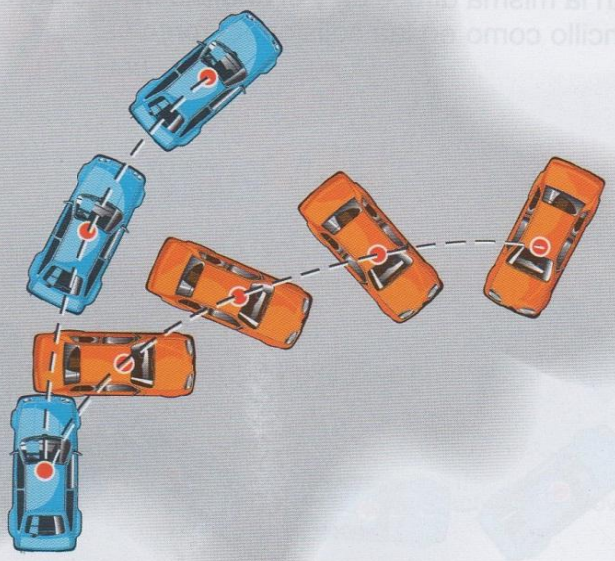
En este tipo de colisiones va a tener mucha importancia la cantidad de movimiento de cada vehículo, dado que las velocidades no son paralelas; por lo tanto, los vectores de cantidad de movimiento no tendrán la misma dirección y el análisis de sus trayectorias no será tan sencillo como en las colisiones frontales.



Colisión lateral de vehículos con cantidad de movimiento similar.

En las colisiones laterales, cuando los vehículos tienen similar cantidad de movimiento, sufren una desviación de sus trayectorias poscolisión muy parecida; si, por el contrario, uno predomina sobre el otro, aquél que posea mayor cantidad de movimiento sufrirá una menor desviación de su trayectoria, mientras que el otro vehículo verá modificada en mayor parte su trayectoria poscolisión.

Se puede observar que la variación de los ángulos que experimentan los vehículos tras la colisión depende, fundamentalmente, de sus masas y de sus velocidades antes de la colisión. El vehículo que tenga una cantidad de movimiento mayor será el que menos se desvíe de su trayectoria original.



Colisión perpendicular entre parte delantera y parte trasera.

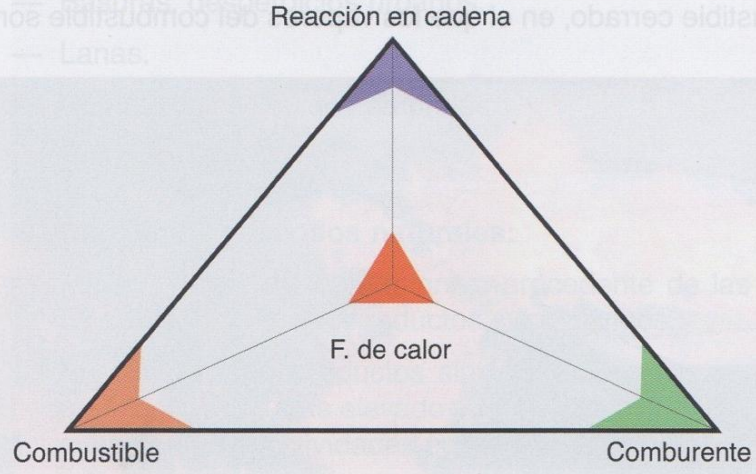
# 7 INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS EN VEHÍCULOS

## 7.1. El fuego

Desde el punto de vista etimológico, define la palabra fuego la Real Academia de la Lengua Española como el calor y la luz producidos en la combustión. Define, a su vez, combustión como la acción y efecto de arder o quemar.

Sin embargo, desde el punto de vista de la investigación de las causas y orígenes de los incendios, una combustión es un proceso térmico en el que se produce una reacción con desprendimiento de calor, es decir exotérmica, entre un combustible y un comburente bajo determinadas condiciones que permiten o favorecen esa reacción.

Para que se produzca el fuego, deben darse a la vez cuatro factores, que son los que componen el denominado *tetraedro del fuego*:




Tetraedro del fuego.

Si en la reacción no existiera alguno de los componentes de este tetraedro, no se originaría el incendio o, si se originase, se extinguiría en poco tiempo, ya que cualquiera de ellos es imprescindible.

Detallando los cuatro integrantes del tetraedro del fuego:

- **Combustible:** Es toda aquella sustancia que pueda arder, de tipo sólido, líquido o gaseoso.
- **Comburente:** Es el agente gaseoso de la atmósfera que permite la combustión y desarrolla la oxidación.
- **Calor:** Toda sustancia debe adquirir calor para su ignición y, por lo tanto, para comenzar la combustión.
- **Reacciones en cadena:** Resultan necesarias para el desarrollo del incendio.

Al tratarse el fuego de una reacción de oxidación-reducción, y tal y como ocurre con cualquier reacción que se produzca en la naturaleza, la relación estequiométrica entre los reactivos, es decir, entre el combustible y el comburente, debe cumplir unos límites fuera de los cuales no se producirá la reacción y, por tanto, no tendrá lugar la combustión.

El comburente casi universal que se encuentra en cualquier reacción es el oxígeno del aire. Su presencia es primordial, así como su relación volumétrica con el volumen del combustible que se calienta, de ahí la gran importancia que cobran las corrientes de aire en los incendios.

Existe un límite superior y otro inferior entre los cuales se puede producir la combustión; si la relación se encuentra fuera de ellos, no se producirá combustión alguna.

Así, si los vapores del combustible están en una proporción baja, y por debajo del límite inferior de inflamabilidad, no se producirá la reacción.

Del mismo modo, en el caso, por ejemplo, de un depósito de combustible cerrado, en el que los vapores del combustible son muy

Vehículo incendiado.

superiores a los del comburente, puede que se encuentren por encima del límite superior de inflamabilidad, por lo que tampoco habrá combustión.

Por este motivo, los depósitos de combustible de los vehículos no pueden explotar, porque la relación aire-combustible se encuentra por encima del límite superior de inflamabilidad y no se produce la reacción.

Sólo en el caso de que el depósito tuviera fugas o roturas que permitieran que el combustible saliese al exterior se podría producir su ignición, ya que la relación aire-combustible descendería por debajo del límite superior de inflamabilidad, por lo que, ante una fuente de calor que superase la temperatura de ignición, se produciría la combustión.

## 7.2. El combustible

Podemos simplificar la definición de combustible como cualquier sustancia capaz de "arder" o capaz de combinarse con el oxígeno en una reacción de oxidación. Como ejemplos, en función de cada estado de la materia, existen los siguientes:

- **Combustibles sólidos naturales:**
  - — Carbones minerales: coque, antracita, hulla, lignito.
  - — Carbones vegetales: turbas, carbón de leña.
  - — Madera, en sus múltiples variedades y estados.
  - — Productos vegetales: paja, alfalfa.
  - — Basuras, desperdicios urbanos.
  - — Lanas.
  - — Combustibles líquidos naturales.
  - — Betunes.
- **Combustibles gaseosos naturales:**
  - — Metano o gas de los pantanos, procedente de las bolsas de petróleo y de otros reductos subterráneos.
  - — En cuanto a los productos sintéticos o artificiales, su número es mucho más elevado y se encuentra con mayor frecuencia en las actividades cotidianas.
- **Combustibles sólidos:**
  - — Materias plásticas en su enorme variedad y compuestos ricos en carbono e hidrógeno.
  - — Metales como el aluminio, sodio, magnesio, potasio, titanio, circonio.



La rotura del motor del limpiaparabrisas puede ocasionar un fuego.

— Cauchos y gomas sintéticas. Pesticidas.

— Elementos no metálicos fácilmente oxidables, azufre y fósforo.

— Papel derivado de la celulosa vegetal, cartonajes y textiles.

- **Combustibles líquidos:**

— Pinturas, disolventes, pegamentos.

— Gasóleo, gasolina, aceites pesados.

— Una gran gama de productos, resultado de mezclas de elementos con abundancia de carbono, hidrógeno y otro radicales de sustitución en compuestos derivados del petróleo.

— Alcoholes, acetonas, tintas de imprenta.

- **Combustibles gaseosos:**

— *Gases derivados de la destilación del petróleo en sus diversas fases, butano y propano.*

— Gases procedentes de la destilación de hulla y otros carbones.

— Gases originados en procesos químicos, como el acetileno, procedente de la descomposición del carbono de calcio por el agua, etileno, etc.

Desde la generalidad de la combustión, el concepto de **fuego** se aplica a aquellas combustiones provocadas y controladas por el hombre. En síntesis, el hombre provoca la aparición del fuego para aprovechar la energía liberada en la reacción exotérmica de la combustión.

Los métodos y las formas de conseguirlo son también muy diversas, desde el encendido de un simple fósforo hasta las grandes energías caloríficas utilizadas en la siderurgia de hierro.

El **incendio** puede definirse como "fuego incontrolado y no deseado". Desde el punto de vista asegurador, la Ley de Contrato de Seguro define incendio como "la combustión y el abrasamiento con llama capaz de propagarse de un objeto u objetos que no estaban destinados a ser quemados en el lugar y momento en que se produce".

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que la combustión de los sólidos y los líquidos se inicia en fase gaseosa. Por esta razón, primero ha de suministrarse una cantidad de energía calorífica, variable para cada sustancia, que eleve la temperatura del combustible y convierta cierta cantidad del combustible en estado de gas, obteniéndose así una mezcla gas-aire cerca de la superficie del cuerpo, en una proporción específica para que se inicie la combustión. Posteriormente, la energía calorífica desprendida en esta combustión ha de tener, a su vez, capacidad para generar más gases que entren

en combustión de forma inmediata; y de esta manera, se origina una combustión autoalimentada.

En los combustibles líquidos, la generación de vapores se produce de forma natural, por evaporación, no así en los sólidos, que deben sufrir una descomposición química en la superficie antes de comenzar a generar vapores que se puedan mezclar con el aire. En ambos casos, no obstante, es necesario que los sólidos y los líquidos alcancen cierta temperatura, distinta para cada sustancia, según sea su composición química.

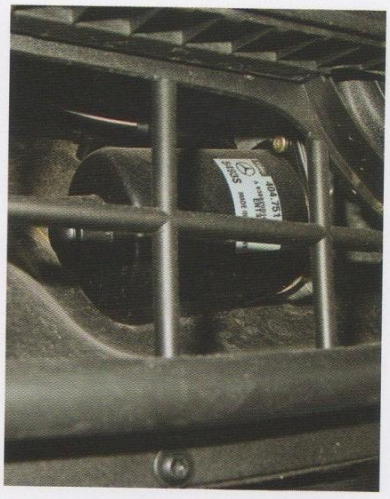
La medición de esta temperatura difiere entre líquidos y sólidos. En los líquidos se establece en su seno a granel, y se le llama punto de ignición; en los sólidos, se mide en su superficie, ya que es en ella donde comienza la descomposición química del cuerpo.

Igualmente, esta temperatura puede variar en situaciones concretas, dependiendo del caudal de aire, temperatura, forma y tamaño del sólido, entre otras circunstancias.

En conclusión, para que una mezcla de vapores combustibles y oxidantes (aire) pueda empezar a quemarse, debe guardar una proporción característica.

## 7.3. El calor

La cara del tetraedro correspondiente al calor representa la energía calorífica por encima del nivel mínimo necesario para liberar vapores combustibles y causar la ignición. El calor se define normalmente en términos de intensidad o velocidad de calentamiento (Btu/s o kilowatios). En un incendio, el calor produce vapores combustibles, causa la ignición y favorece el desarrollo del fuego y la propagación de las llamas, al mantener un ciclo continuo de producción e ignición del combustible.



La rotura del motor del limpiaparabrisas puede ocasionar un fuego.

### 7.3.1. Reacción química automantenida

La combustión es un conjunto complejo de reacciones químicas que producen la oxidación rápida de un combustible, dando lugar a calor, luz y a distintos subproductos químicos. La oxidación lenta, como la de los metales o el amarilleo del papel de periódico, produce tan poco calor que no da lugar a combustión. La combustión automantenida se produce cuando el mucho calor procedente de una reacción exotérmica es radiado otra vez hacia el combustible, generando vapores y ocasionando la ignición en ausencia de la fuente original de ignición.

La combustión de los sólidos se puede producir mediante dos mecanismos: las llamas y las brasas. La combustión con llama tiene lugar en la fase gaseosa o de vapor de un combustible. En los

combustibles sólidos y líquidos, esta fase se produce por encima de su superficie. La combustión por brasas o sin llama es un fenómeno *de combustión superficial con combustibles sólidos, que libera* menos calor y no produce llama visible. Los incendios por brasas sufren con frecuencia una transición a combustión con llama, una vez que se produce la energía total suficiente o aparece una corriente de aire que acelere la combustión.

## 7.3.2. Transmisión de calor

La transmisión de calor es un factor determinante en los incendios, puesto que afecta a la ignición, desarrollo, propagación, disminución (reducción de la energía liberada) y extinción. La transmisión de calor es, además, responsable de gran parte de las pruebas físicas que utilizan los investigadores cuando tratan de establecer el origen y la causa de un incendio.

Es importante distinguir entre calor y temperatura.

**Temperatura** es una medida que expresa el grado de actividad molecular de un material en comparación con un punto de referencia, como el de congelación del agua.

**Calor** es la energía necesaria para mantener o variar la temperatura de un objeto. Cuando se transmite energía calorífica a un objeto, su temperatura aumenta. Cuando ese objeto transmite calor, su temperatura disminuye.

En un fuego, el calor se transmite siempre desde una masa a alta temperatura a otra a baja temperatura. La transmisión de calor se mide en términos de cantidad de energía por unidad de tiempo (Btu/s o kilowatios). Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre los objetos, mayor energía se transmite por unidad de tiempo y mayor es la velocidad de transmisión de calor. La temperatura se puede comparar a la presión de una manguera contra incendios, y la transmisión de calor o energía, al agua que sale, en litros, por minuto.

La transmisión de calor se realiza mediante tres mecanismos: conducción, convección y radiación. Los tres desempeñan un papel en la investigación de un incendio, por lo que es necesario saber lo que significa cada uno.

- **Conducción**

  Conducción es la forma de transmisión del calor que tiene lugar en los sólidos cuando se calienta una parte de un objeto. La energía se transmite desde la zona caliente hasta la que no lo está, a una velocidad que depende de la diferencia de temperatura y de las propiedades físicas del material. Estas propiedades son su conductividad térmica (K), su densidad (ρ) y su capacidad calorífica (C).

  Si la conductividad térmica (K) es alta, también lo es la velocidad de transmisión de calor a través del material. Los

metales tienen alta conductividad térmica, mientras que en los plásticos o el vidrio es baja. Si las demás propiedades (K y C) son iguales, los materiales de mayor densidad (ρ) conducen el calor más rápido que los de menor densidad. Por eso, los materiales de baja densidad son buenos aislantes y, del mismo modo, los materiales con gran capacidad calorífica (C) requieren más energía para aumentar su temperatura que los de baja capacidad calorífica (cuanta más capacidad calorífica tenga un cuerpo, menos incrementará su temperatura para un mismo aporte de calor).

En general, la transmisión de calor por conducción se mide entre dos puntos, estando la fuente de energía a temperatura constante. En el otro punto, la temperatura aumentará hasta alcanzar un valor constante, inferior al de la fuente.

**PROPIEDADES TÉRMICAS DE DETERMINADOS MATERIALES**

| Material | Conductividad térmica, K (W/m × K) | Densidad, ρ (kg/m³) | Capacidad calorífica, C (J/kg × K) |
|---|---|---|---|
| Cloruro de polivinilo | 0,16 | 1.400 | 1.050 |
| Cobre | 387 | 8.940 | 380 |
| Escayola | 0,48 | 1.440 | 840 |
| Hormigón | 0,8-1,4 | 1.900-2.300 | 880 |
| Madera de pino (amarillo) | 0,14 | 640 | 2.850 |
| Poliestireno (rígido) | 0,11 | 1.100 | 1.200 |
| Polietileno | 0,35 | 940 | 1.900 |
| Poliuretano | 0,034 | 20 | 1.400 |

El impacto de la inercia térmica sobre el aumento de temperatura en un espacio o en los materiales que hay en el mismo no es constante a lo largo de la duración de un incendio. Puede ser que, a medida que los materiales existentes alcanzan una temperatura constante, los efectos de su densidad (ρ) y capacidad calorífica (C) resulten insignificantes frente a su conductividad térmica. Por tanto, la inercia térmica de un material es más importante en las fases de iniciación y subsiguientes de un incendio (previas a la combustión súbita generalizada).

La conducción es también un mecanismo de propagación del fuego. El calor conducido a través de una pared o a lo largo de una tubería o viga metálica puede causar la ignición de los combustibles que estén en contacto con esos metales. La conducción a través de accesorios metálicos como clavos, placas de clavos o pernos puede producir la propagación del fuego o derrumbes de un edificio.

- **Convección**

Convección es la transmisión de energía calorífica por el movimiento de líquidos o gases calientes desde la fuente de calor a una parte más fría de su entorno.

El calor se transmite por convección a un sólido cuando pasan gases calientes sobre superficies más frías. La velocidad de

transmisión de calor a un sólido depende de la diferencia de temperatura, del área de la superficie expuesta a los gases calientes y de la velocidad de estos gases. Cuanto mayor sea la velocidad de los gases, mayor será la transmisión por convección.

En las primeras fases de un incendio, la convección desempeña un papel importante, al mover los gases calientes desde el lugar del incendio a la parte superior de la habitación de origen y a través del edificio. A medida que la temperatura de la habitación se incrementa al acercarse la combustión súbita generalizada, la convección continúa, pero la importancia de la radiación aumenta rápidamente y se convierte en el mecanismo dominante de transmisión del calor. Incluso después de la combustión súbita generalizada, la convección puede ser un mecanismo importante en la propagación del humo, gases calientes y combustibles sin quemar a través de un edificio. Eso puede hacer que se propaguen el fuego o productos tóxicos o peligrosos de la combustión a otras zonas alejadas.

- **Radiación**

Radiación es la transmisión de energía calorífica desde una superficie caliente a otra más fría mediante ondas electromagnéticas, sin que haya un medio entre una y otra. Por ejemplo, la energía calorífica del sol irradia a la tierra a través del espacio vacío. La energía radiante se puede transmitir sólo en línea recta y se reduce si hay materiales que lo obstaculizan. Esos materiales no obstaculizan necesariamente todo el calor radiante. Por ejemplo, algunos tipos de cristales lo reducen del orden del 50 por 100.

La velocidad de transmisión del calor radiante depende, en gran medida, de la cuarta potencia de la diferencia de temperatura absoluta entre el radiador y el objeto frío. A alta temperatura, un pequeño aumento de la diferencia de temperatura produce un gran aumento en la transmisión del calor radiante. Si se duplica la temperatura absoluta del objeto más caliente sin que varíe la del más frío, se produce un aumento de la radiación entre ambos objetos de 16 veces.

La velocidad de transmisión del calor se ve también muy afectada por la distancia entre el radiador y el cuerpo frío. Si aumenta la distancia, la cantidad de energía que incide por cantidad de superficie disminuye en proporción tanto del tamaño de la fuente radiante como de la distancia hasta ella.

## 7.4. Incendios en vehículos

La investigación de los incendios que se producen en un vehículo de motor tiene en cuenta multitud de factores, ya que además de la composición de los materiales o de la fuente de calor, hay que

valorar los propios de la conducción (si se ha incendiado antes o después de un accidente) e, incluso, la clase de carga que transportaba (en el caso del transporte de mercancías).

Vehículo quemado.

Por tanto, para evaluar el riesgo de incendio de un vehículo, en primer lugar habrá de tenerse en cuenta el tipo de vehículo de que se trata:

- Turismo
- Motocicleta
- Agrícola
- Camión

En segundo lugar, es importantísimo conocer la utilización o trabajo que se realice con el vehículo:

- Ocio
- Forestal
- Carga/descarga
- Agrícola

Procesadora quemada.

La tercera consideración importante es el estado de conservación del vehículo y su edad, influyendo notablemente factores como:

- Pérdidas de fluidos.
- Estado del cableado eléctrico.
- Sistemas de protección.
- Daños anteriores al incendio.

Otro factor significativo es el tipo de materiales con los que se ha construido el vehículo o que transportaba en el momento del incendio:

- Recubrimientos interiores.
- Materiales inflamables.
- Carga peligrosa.

La conjunción de todos estos factores va a constituir la ecuación que cuantifica el riesgo de incendio en un vehículo a motor.

### 7.4.1. Naturaleza de los incendios de los vehículos a motor

En primer lugar, el incendio puede producirse en el propio vehículo o alcanzarlo, habiéndose originado en el exterior.

Vehículo quemado con origen en el propio vehículo.

En ambos casos, el vehículo se incendiará, ocasionando su más que probable pérdida total. En este trabajo nos ocuparemos del primer supuesto, en el que el origen del fuego se localiza en el propio vehículo, independientemente de que se produzca antes o posteriormente a un accidente de circulación.

La forma de propagación de un fuego es la misma, independientemente de que se trate o no de un vehículo, por lo que necesitará, además, combustibles, fuentes de calor y comburentes.

Tradicionalmente, la naturaleza de los incendios en vehículos se ha achacado a temas eléctricos, sin que ello reste importancia a los producidos por ignición de combustibles líquidos o gaseosos o, incluso, a aquellos ocasionados por alguna fuente de calor puntual.

## 7.4.2. Combustibles

Todos los vehículos disponen de un motor térmico, que necesita combustible para producir energía. Pero, además del propio combustible del motor, en el vehículo existe un gran número de materiales combustibles, cuya participación en un incendio puede resultar decisiva.

Interior de cuero.

Según cómo se comporten en la evolución del incendio, habrá que diferenciar entre combustibles primarios y secundarios.

Los **combustibles primarios** desempeñan el papel de elemento oxidante en la reacción química o en el proceso térmico que origina un incendio.

Es el combustible que se encuentra en el foco del incendio y que lo provoca.

El combustible secundario alimenta y hace evolucionar y crecer el incendio, una vez producido. Como **combustibles secundarios** van a actuar todos aquellos materiales que pueden arder, no sólo aquellos en los que se originó el incendio.

En un vehículo se pueden encontrar tres tipos de combustible: líquidos, gaseosos y sólidos.

- **Combustibles líquidos**

  Existe un número muy elevado de combustibles líquidos en un vehículo; combinados con una fuente de calor pueden producir un incendio. En cualquier caso, aunque no ocasionen directamente el incendio, con toda seguridad intervendrán en su evolución.

  Para que se produzca la combustión es necesario que el líquido se gasifique. Por lo tanto, el peligro de ignición es mayor en aquellos líquidos cuya ebullición sea más rápida o a menor temperatura.

  Los líquidos inflamables más comunes en los vehículos son la gasolina, el gasóleo, el líquido de frenos, el aceite del motor y del cambio, etc.

Depósito de gasolina.

| PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES EN LOS INCENDIOS DE VEHÍCULOS A MOTOR | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Líquido | Punto de inflamación °F (°C) | Temperatura de ignición °F (°C) | Límite de inflamabilidad % | | Punto de ebullición °F (°C) | Densidad de vapor (aire = 1) |
| | | | Inferior | Superior | | |
| Líquido de frenos | 240-355 (115-179) | | | | 485 (252) | |
| Etilenglicol (100%) | 232 (111) | 775 (413) | 3,3 | | 387 (197) | |
| Etilenglicol (90%) | 270 (132) | | | | | |
| Diesel 2D | 126-204 (52-96) | 494 (257) | | | | |
| Queroseno 1 | 100-162 (38-72) | 410 (210) | 0,7 | 5,0 | 304-574 (151-301) | |
| Gasolina 100 octanos | –36 (-38) | 853 (456) | 1,4 | 7,6 | 100-400 (38-204) | 3,4 |
| Metanol | 52 (11) | 867 (464) | 7,8 | 86,0 | 147 (64) | 1,1 |
| Aceite de motor | 410-495 (210-257) | 500-700 (260-371) | | | | |
| Aceite de caja de cambios | 350 (177) | | | | | |
| *Dextron IIE* | 361-379 (183-193) | 410-417 (210-214) | | | | |
| Dextron II | 367 (186) | 414 (212) | | | | |
| Tipo F (Ford) | 347 (175) | | | | | |
| Aceite de servodirección | 350 (177) | | | | | |

- **Combustibles gaseosos**

Cada vez se emplean con más asiduidad combustibles gaseosos (hidrógeno, propano y gas natural), sobre todo en vehículos urbanos para transporte de pasajeros, como autobuses y autocares.

El rango explosivo de los gases delimita un intervalo, expresado en tanto por ciento, de volumen de gas que debe existir en el aire para producirse la explosión. Viene dado por un límite superior y otro inferior.

Por encima y por debajo de estos límites, no se podrá producir la explosión.

En los vehículos, como consecuencia de un choque o de realizar la recarga de la batería, se pueden desprender gases de hidrógeno y oxígeno de las baterías de plomo-ácido.

| COMBUSTIBLES GASEOSOS EN VEHÍCULOS A MOTOR | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Gas | Temperatura de ignición °F (°C) | Punto de ebullición °F (°C) | Límite de inflamabilidad % | | Densidad de vapor (aire = 1) |
| | | | Inferior | Superior | |
| Hidrógeno | 932 (500) | -422 (-252) | 4,0 | 75,0 | 0,1 |
| Gas natural (metano) | 999 (537) | -259 (-162) | 5,0 | 15,0 | 0,6 |
| Propano | 842 (450) | -44 (-42) | 2,1 | 9,5 | 1,6 |

- **Combustibles sólidos**

La ignición de combustibles sólidos en el incendio de un vehículo se produce, normalmente, al incendiarse los protectores exteriores de los cables eléctricos, como consecuencia de una sobrecarga o mal funcionamiento eléctrico.

Detalle de cables quemados.

En el vehículo, además, existen multitud de elementos plásticos que pueden arder y contribuir a la propagación del incendio.

| COMBUSTIBLES SÓLIDOS EN VEHÍCULOS A MOTOR | | | |
|---|---|---|---|
| **Combustible** | **Temperatura de ignición °F (°C)** | **Punto de fusión °F (°C)** | **Observaciones** |
| Fibras acrílicas | 1.040 (560) | 122 (60) | |
| Aluminio puro | 1.031 (555) | 1.220 (660) | |
| ABS | 871 (466) | 230-257 (110-125) | Paneles de la carrocería (pueden quedar totalmente consumidos) |
| Fibra de vidrio (resina de poliéster) | 1.040 (560) | 428-500 | La resina se quema, pero no los paneles de fibra de la carrocería |
| Magnesio puro | 1.153 (623) | 1.202 (650) | |
| Nylon | 790 (421) | 349-509 (176-265) | Guarnecidos, piñones del elevalunas, piñones de reglaje |
| Polietileno | 910 (488) | 251-275 (122-135) | Forros de los cables |
| Poliestireno | 1.063 (573) | 248-320 (120-160) | Aislamiento, guarnecido |
| Espuma de poliuretano | 852-1.074 (456-579) | | Asientos, reposabrazos, almohadillas |
| Poliuretano rígido | 590 (310) | 248-320 (120-160) | Guarnecidos |
| Vinilo (PVC) | 945 (507) | 167-221 (75-105) | Forros de los cables, tapicería |

En los vehículos también hay elementos fabricados con fibras textiles que pueden actuar como combustibles en la propagación del fuego. Estas fibras se ubican, fundamentalmente, en el interior del habitáculo de los pasajeros.

Asientos traseros de fibras textiles.

## 7.4.3. Fuentes de calor en los vehículos

Tal y como se ha comentado anteriormente, uno de los factores imprescindibles que deben existir para que se produzca un incendio es el calor.

Por esa razón, es necesario identificar correctamente las fuentes de calor y, por lo tanto, los posibles focos de incendio en un vehículo de motor.

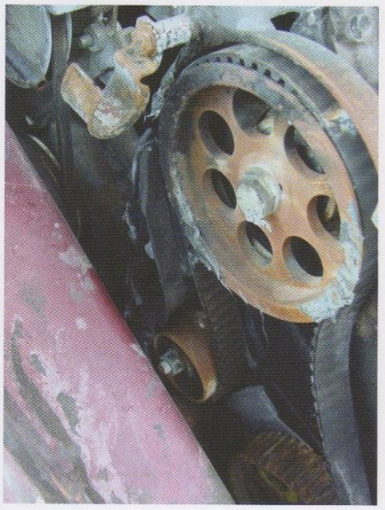
### 7.4.3.1. Llama directa

La llama directa puede producirse por una cerilla o un mechero en el interior del habitáculo de pasajeros (o por el contratiro del carburador en vehículos alimentados de esta forma, cada vez más escasos y sustituidos por los sistemas de inyección, que prescinden de este elemento).

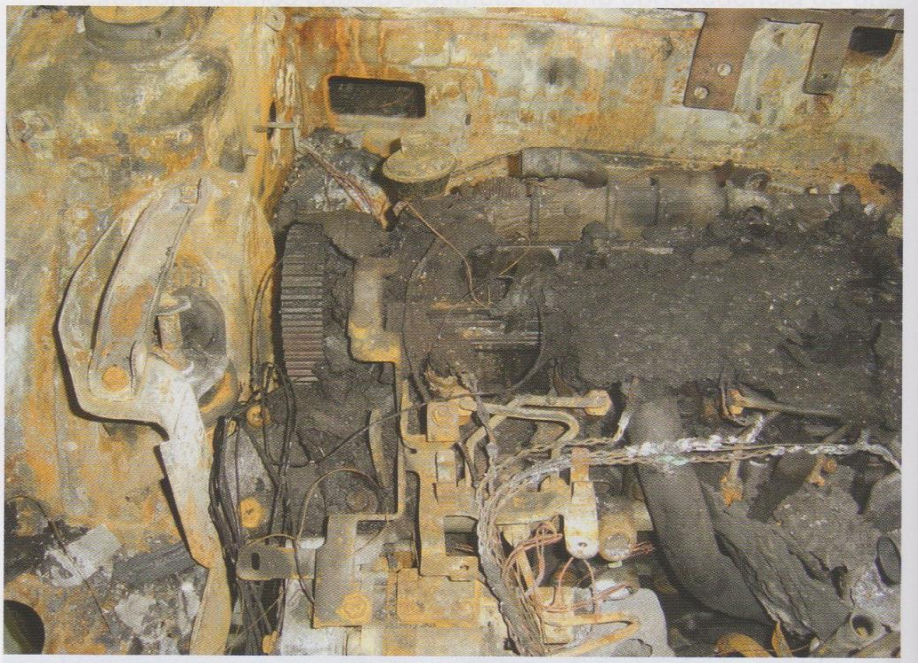
### 7.4.3.2. Fricción

Dos superficies en contacto, con rozamiento, producen calor, por lo que resulta imprescindible que este calor se disipe convenientemente

para evitar el aumento de la temperatura. Esta fricción se da entre una correa y una polea o en casos en los que una pieza se desprende sobre una correa.



Correa.



Detalle del bloque motor, incendiado.

Existen otras fuentes de calor por rozamiento o fricción, sobre todo en elementos móviles sometidos a desgastes y desajustes, como ruedas, neumáticos, tambores de frenos, zapatas, cojinetes, etc.

### 7.4.3.3. Chispas

Las chispas de origen mecánico son partículas incandescentes producidas por el rozamiento entre dos superficies metálicas.

Estas chispas pueden generarse asimismo al rozar el acero con el pavimento, alcanzando temperaturas superiores a los 1.200 ºC.

El magnesio también es un metal cuyas chispas pueden producir un foco de ignición, a diferencia del aluminio, cuyo roce con el asfalto genera chispas, que no son posibles focos de ignición.

### 7.4.3.4. Superficies calientes

Los gases quemados del motor se liberan a través de una serie de conductos y canalizaciones que, debido al paso de los gases, se calientan hasta temperaturas extremas, que pueden hacer arder a algunos de los combustibles del vehículo.

Por ello, el colector de escape, el silenciador y el catalizador son elementos a los que se debe prestar una atención máxima. De

hecho, la superficie exterior de estas piezas puede alcanzar temperaturas superiores a los 300 °C.

Otro elemento sometido a altísimas temperaturas es el turbocompresor, fabricado normalmente con aluminio en una zona fría (admisión) y con acero en la caliente (escape).

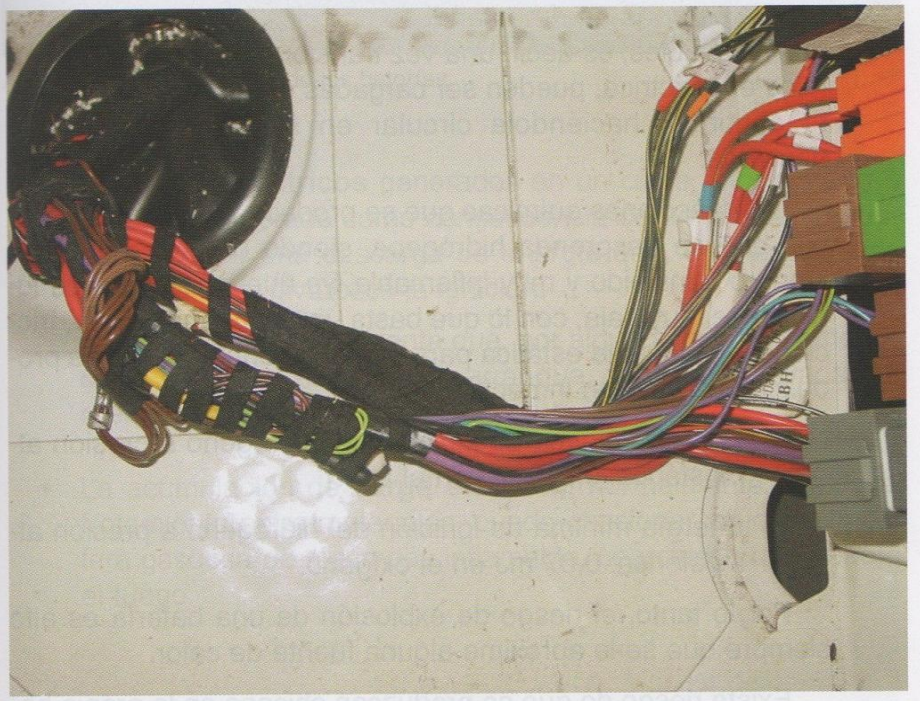
Catalizador o colector de escape.

### 7.4.3.5. Fuentes eléctricas

- **El cableado del sistema eléctrico** de un vehículo está compuesto por un elevado número de cables, con sus correspondientes aislantes, fabricados con plásticos que pueden arder.

  La disminución de la resistencia en alguno de los cables incrementará considerablemente la intensidad eléctrica que circula por el conductor, elevando la temperatura del conductor hasta la ignición. A esta circunstancia hay que añadir que estos conductores, normalmente, van montados en gruesos "mazos" de cables posicionados en lugares con poca ventilación, donde la generación de un incendio, por tanto, es probable.

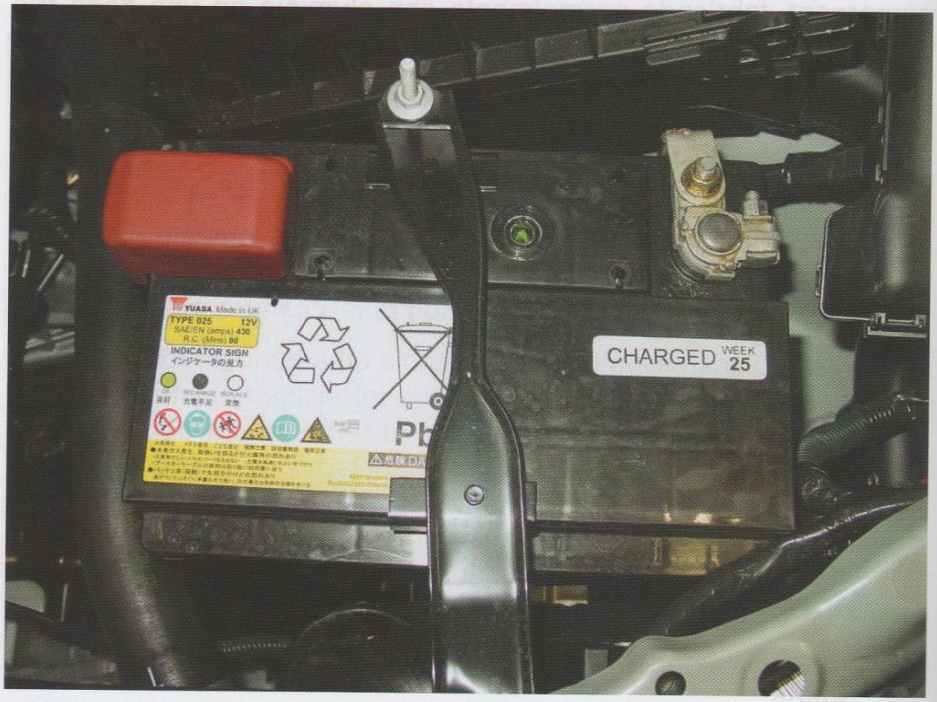
  La rotura o mal funcionamiento de algún motor auxiliar, como un ventilador o un elevalunas eléctrico, puede ocasionar el fuego.



Mazos de cables.

- **La batería** es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma química para restituirla en forma de energía eléctrica. Además, la batería se utiliza para el servicio de puesta en marcha

del vehículo, funcionamiento del motor de combustión, sistema de iluminación y otros sistemas auxiliares del vehículo.




Batería.

Las baterías que montan los vehículos son las denominadas reversibles; es decir, una vez transformada la energía química en eléctrica, pueden ser cargadas de nuevo con corriente continua, haciéndola circular en sentido inverso a la descarga.

Las reacciones químicas que se producen en la batería hacen que se desprenda hidrógeno, siendo este gas incoloro, inodoro e insípido y muy inflamable, ya que su energía de ignición es muy baja, con lo que basta una pequeña chispa, fricción o electricidad estática para que salte una chispa y se produzca una ignición inmediata.

— Energía mínima de ignición del hidrógeno a presión atmosférica: 0,019 mJ en el aire.

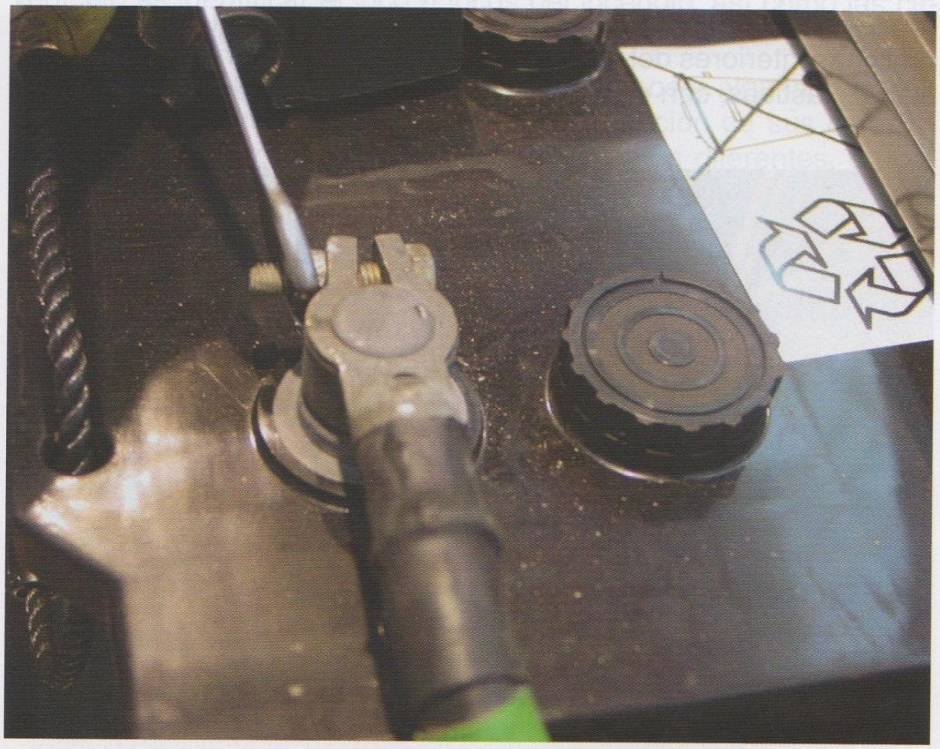
— Energía mínima de ignición del hidrógeno a presión atmosférica: 0,07 mJ en el oxígeno.

Por lo tanto, el riesgo de explosión de una batería es alto siempre que se le aproxime alguna fuente de calor.

Existe riesgo de que se produzcan chispas en la propia batería, tanto en su interior como en su exterior, con el consiguiente riesgo de explosión.

— Chispas internas: se producen en el interior de la batería debido a los cortocircuitos causados por roturas internas, acumulación de impurezas o averías.

— Chispas externas: son debidas a la manipulación de la batería empleando herramientas, durante su montaje en el vehículo. También pueden deberse a las conexiones de los cables de emergencia, a la acumulación de electricidad estática, a abrazaderas flojas, etc.



Abrazaderas de los polos de las baterías.

- Los **arcos eléctricos** generados en un cable roto, cortado o incluso deteriorado como consecuencia de un accidente pueden producir una descarga de energía que, en presencia de combustibles, favorezca la ignición.

  Hay que tener en cuenta que, por algunos cables, como los de la batería y el motor de arranque, pasa una elevada corriente eléctrica.

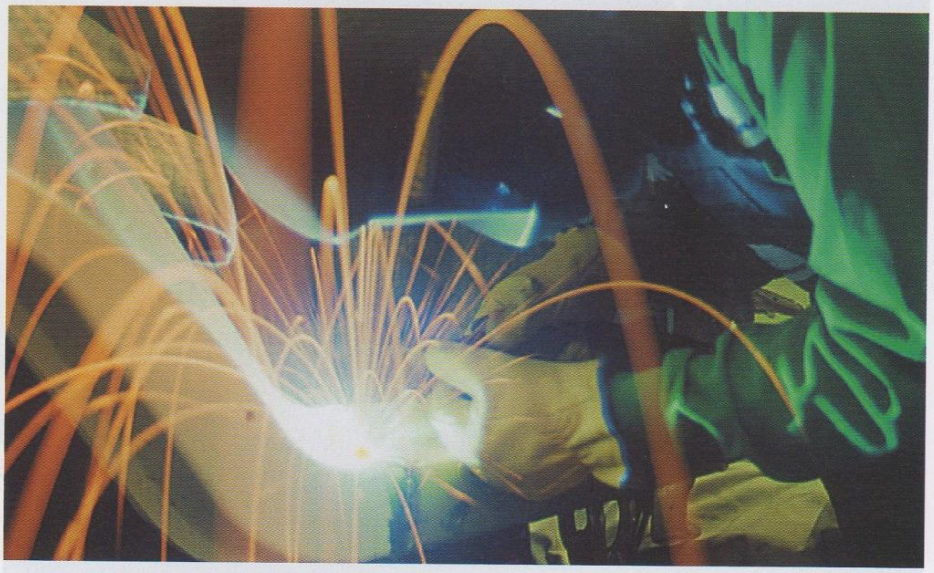
- La acumulación de **carga eléctrica**, normalmente debida al frotamiento entre materiales, puede ocasionar, bajo la atmósfera gaseosa de algún gas inflamable, una chispa que genere el fuego.

### 7.4.3.6. Otras fuentes de calor

En la actualidad, la mayoría de los materiales textiles que se utilizan para fabricar asientos y recubrimientos son de tipo ignífugo; es decir, que no arden fácilmente por el efecto de una colilla o fuente de calor similar.

Sin embargo, el efecto de una colilla sobre papeles, ropa o cualquier otro tipo de elemento combustible sí puede producir un incendio en el vehículo.

Hay circunstancias en las que la fuente de calor es externa al vehículo (por ejemplo, un proceso de reparación en el que se utilizan soldaduras). En estos casos, las máquinas generan un arco eléctrico de voltaje muy elevado e, incluso, chispas, que pueden penetrar en zonas interiores del vehículo donde se encuentren elementos textiles y plásticos, con el consiguiente peligro de incendio.



Reparación mediante soldadura.

El derrame de líquidos, como la gasolina, que pueden inflamarse posteriormente con el motor en marcha, supone una negligencia humana.

No es aconsejable dejar recipientes con gas o mecheros en el interior del vehículo, ya que, un aumento de la temperatura propio de la época estival, por ejemplo, podría incrementar la presión de los recipientes y liberar el gas. Este gas, en circunstancias de temperatura favorables, puede ocasionar una explosión.

Spray y mechero en el salpicadero.

# 7.5. Investigación de incendios en vehículos

El objetivo principal de toda investigación de incendios sobre un vehículo es identificar el foco o focos del incendio, así como las circunstancias que han permitido su evolución.

Para ello, en primer lugar, es necesario conocer algunas particularidades del vehículo del que se trate; en función de sus características existirán, probablemente, condicionantes diferentes, en cada caso.

## 7.5.1. Toma de datos del vehículo incendiado

Como primer paso en la toma de datos de un vehículo incendiado, se procede a su identificación.

Además de la marca, modelo, versión y número de placa de matrícula, se tomarán datos fiables, como su placa de fabricante y su número de identificación VIN.

El número de identificación o número VIN es un código particular para cada vehículo, compuesto de 17 dígitos, en el que se indican, además del fabricante y del lugar de fabricación del vehículo, una serie de características técnicas, así como su número de serie de producto.

Todos los vehículos deben llevar, además, en lugar visible, su placa de identificación o placa de fabricante. En esta placa se muestra el número VIN del vehículo, datos del fabricante y alguna característica mecánica.

Es posible que, debido al calor generado en el incendio, la placa de fabricante, que habitualmente está fabricada en aluminio o material plástico, resulte deteriorada en parte o completamente destruida, en cuyo caso no proporcionará información sobre el vehículo. Sin embargo, el número VIN debe, además, figurar troquelado en alguna parte de la estructura del vehículo, siendo más complicado que el calor lo afecte.

De este modo, se completará la descripción del vehículo objeto del informe, identificándolo exactamente y pudiendo estudiar, incluso, los antecedentes que pudieran existir de vehículos similares que han resultado incendiados, para comparar su casuística y similitud.

- **Informe fotográfico de identificación**

  Resulta de vital importancia realizar un informe fotográfico que permita identificar correctamente todos los datos visuales que nos pudiera ofrecer el vehículo incendiado. Para ello, se fotografiarán todas las marcas identificativas, números reconocibles y características diferenciadoras.

Fotografías generales, desde el frente, trasera, laterales y 3/4 compondrán un cuadro adecuado que, en un primer momento, y sin profundizar más en el análisis del vehículo, incluirán, aunque sea de forma general, todas las características, marcas e información exterior del vehículo.

Fotografía general del frente.

Es necesario, en segundo lugar, fotografiar el interior del vehículo desde todos los ángulos posibles, incidiendo lógicamente en las zonas más quemadas y en las de transición de zona quemada a no quemada.

La parte superior y los bajos del vehículo también se fotografiarán.

Posteriormente, y ahora fijando la atención en cualquier tipo de marca dejada por el fuego, se tomarán todos los detalles en primeros planos y en planos intermedios, de tal forma que permitan ubicar el detalle en el vehículo.

Tanto el habitáculo de pasajeros como el compartimento del motor y el espacio para la carga deberán ser fotografiados con minuciosidad, así como los materiales que se encontrasen en ellos.

En el caso de que se tenga que analizar el incendio de varios vehículos simultáneamente es muy importante seguir un estricto orden a la hora de realizar el informe fotográfico, ya que la identificación fotográfica incorrecta de algún detalle inducirá al error en el análisis de lo ocurrido.

Para seguir un perfecto orden en el informe fotográfico, resultan de gran ayuda las cámaras digitales, por varias razones.

Espacio de carga.

Estado del habitáculo de pasajeros.

Con ese tipo de cámara se controla al instante la validez de la fotografía realizada, sus condiciones de luminosidad y distorsión, así como la veracidad de sus colores. Además, la numeración instantánea de la foto realizada posibilita ordenar el informe fotográfico, permitiendo su agrupación por vehículo, zona, daño, etc.

Detalle de abrazadera de anclaje.

## 7.5.2. Lugar del incendio

El caso más favorable para encarar la investigación del incendio de un vehículo es aquel en el que el técnico investigador tiene acceso al vehículo en el propio lugar en el que se incendió y sin variar ninguno de los elementos que en él se encontraban.

Así, se puede realizar in situ un plano esquemático del lugar, indicando distancias, pendientes, construcciones y otros elementos que se encontraban presentes en el momento del incendio.

Para la realización del croquis será necesario disponer de cinta métrica, metro y goniómetro, elementos imprescindibles en el equipo de campo del investigador de incendios.

Posteriormente, se fotografiará concienzudamente todo el lugar del incendio, pormenorizando detalladamente los lugares en los que se encuentran residuos del vehículo o materiales del propio lugar donde se ha producido el incendio.

Lugar del siniestro.

La existencia de restos de cualquier tipo de material deberá analizarse, posteriormente, como parte integrante y lógica del origen y desarrollo del incendio.

En caso de tener que analizar el vehículo incendiado en otro lugar diferente al que se produjo el incendio, es imprescindible también acceder al lugar donde se produjo para realizar el croquis de situación y analizar los materiales que allí se encuentran.

Lógicamente, si el vehículo ha sido retirado, por ejemplo, por una grúa, en las operaciones de remolcado, carga y descarga pueden haberse producido una serie de daños posteriores al incendio, que

no tienen nada que ver con éste y que, en el análisis de las marcas del fuego, habrá que independizar de los daños ocasionados por el fuego, evitando confusiones.

Intervención de los bomberos.

Además, durante las operaciones de carga y traslado del vehículo incendiado pueden extraviarse o desprenderse algunas piezas, con lo que se perdería una valiosa información relativa al incendio.

A la hora de analizar el lugar en el que se ha producido el incendio es importante diferenciar dos casos:

1. El incendio llega al vehículo desde el exterior, debido a que se ha producido en el lugar donde se encontraba ubicado, bien sea una campa, un garaje, un campo, etc.
2. El incendio se produce en el interior del vehículo y evoluciona desde dentro hacia afuera.

En el primer caso, el vehículo sufre la acción del fuego, que se ha producido por causas ajenas a él, y que lo alcanza como consecuencia de su evolución.

Durante el avance del incendio en el lugar donde se encuentra el vehículo, se observan las marcas del fuego, tanto en los elementos que se encuentran en la zona como en los del propio vehículo, permitiendo analizar la dirección tomada por el fuego.

Para ello, no hay que olvidar que la trayectoria del fuego es siempre en sentido vertical y que en ella influyen todo tipo de aberturas de ventilación, huecos, accesos, etc.

Además, el rastro de la trayectoria del fuego siempre vendrá definida por los puntos más bajos en los que haya tenido lugar la combustión.

De esta forma, y una vez que se tiene orientación sobre el foco del incendio y su trayectoria, se establecerá, efectivamente, si el fuego ha alcanzado al vehículo por causas externas a él.

## 7.5.3. Exterior del vehículo

- **Carrocería**

Se debe realizar un examen pormenorizado de los elementos exteriores del vehículo, fundamentalmente de la carrocería y de los accesorios, analizando su estado tras el incendio, así como las deformaciones que han sufrido.

El propio exterior del vehículo puede aportar información también sobre el sentido del fuego que le ha afectado; se aprecia, fundamentalmente, por las marcas dejadas en la chapa del vehículo, ya que, al ir pintada, la superficie que haya estado en contacto directo con las llamas carecerá de cualquier rastro de pintura, dejando a la vista secciones de chapa viva.

Chapa viva.

Sin embargo, en la parte opuesta de la chapa, en la que no ha existido contacto directo con el fuego, los restos de pintura permanecerán.

Las características mecánicas de los materiales con los que están construidos la mayoría de las carrocerías de los vehículos, chapas de acero, disminuyen considerablemente cuando la temperatura sobrepasa ciertos límites.

Por ejemplo, a una temperatura de 500 °C, la resistencia mecánica del acero disminuye un 50%, deformándose y doblándose con mayor facilidad.

Hay que tener en cuenta que, por tratarse de un material metálico, el acero transmite muy bien el calor internamente por conducción, pudiendo afectar el foco de calor a zonas alejadas, pero que forman parte de la misma pieza de acero.

La característica más sobresaliente de un panel de chapa que ha estado expuesto a la acción del fuego y, por tanto, del calor, es que se produce el efecto denominado oxidación seca, según el cual, la chapa sometida al calor generado en el incendio, libera oxígeno, que inmediatamente reacciona con el metal, oxidándolo superficialmente.

Si, además, en los procesos de apagado del incendio se utiliza agua, esta oxidación se ve acrecentada notablemente por la acción del agua de extinción, dejando marcas visibles en la superficie de la pieza metálica afectada.

Restos de pintura.

- **Elementos plásticos**

En la actualidad, los vehículos montan un elevado número de elementos plásticos, tanto de tipo termoplástico como termoestable.

Al realizar el análisis del exterior del vehículo, la correcta identificación de los materiales plásticos que han sufrido deformaciones por fusión orientará sobre las temperaturas mínimas que se han alcanzado en las zonas donde se encontraban.

Por tanto, los materiales plásticos fundidos, unidos a la interpretación correcta de las marcas de fuego dejadas por el incendio sobre los paneles de la carrocería del vehículo, orientarán al técnico sobre las zonas de máximo calor y, por tanto, sobre la ubicación del foco del incendio.

Dependiendo del tipo de plástico de que se trate, las propiedades y características van a ser las siguientes:

- *Plásticos termoplásticos*
  - — Suelen presentar una estructura flexible, en mayor o menor grado, dependiendo de cada tipo de plástico.
  - — Si una pieza es sometida a un esfuerzo de flexión, se deformará, marcándose una línea más clara en la zona donde tiene lugar el máximo esfuerzo.
  - — Al calentarlos se deforman, se ablandan y llegan a fluir.
- *Plásticos termoestables*
  - — Presentan una estructura muy rígida y dura.
  - — Si una muestra es sometida a un esfuerzo de flexión, se romperá, normalmente, con astillamiento de material.
  - — Al calentarlos mantienen su rigidez, no llegando a deformarse ni a ablandarse.

- **Vidrios**

Como elementos de gran superficie que se ubican en el exterior del vehículo, los vidrios pueden sufrir también los efectos del incendio y, por tanto, aportar argumentos de juicio sobre su origen y desarrollo.

Es importante constatar la posición de las lunas del vehículo en el momento del incendio, es decir, si se encontraban subidas, bajadas o a media altura. Conocer esta circunstancia ayudará a contemplar mejor el desarrollo del incendio, sobre todo por la dirección de la corriente de aire, que ha podido ayudar a su propagación a lo largo del vehículo.

Normalmente, los dos tipos de lunas más habituales en los vehículos son las laminadas y las templadas, cuyas características mecánicas son muy diferentes.

- *Vidrio templado*

Los vidrios templados están constituidos por una sola lámina de cristal, de unos 5 mm de espesor, que se introduce en un horno, a una temperatura entre 500 y 750 °C, y luego es sometida a un proceso de enfriamiento rápido, normalmente mediante chorros de aire. Este tratamiento provoca un enfriamiento de las capas superficiales más rápido que el de la parte interna, creándose en la superficie un estado de compresión, mientras que la zona interna queda sometida a tracción, contribuyendo a que el vidrio sea más fuerte y rígido.

Cuando se produce la rotura de este vidrio, las tensiones internas hacen que se divida en fragmentos pequeños y poco cortantes. Esta característica supone que la visibilidad a través de esa luna sea nula y, al estar completamente fragmentada,

ofrezca muy poca resistencia, por lo que podrá ser atravesada con facilidad.

Sin embargo, estos vidrios presentan una gran resistencia térmica, es decir, soportan fácilmente bruscos cambios de temperatura de hasta 200 °C. Este tipo de luna se suele instalar en todas las ventanas de los vehículos, excepto en el parabrisas, por motivos de seguridad, debido a que la fragmentación, en caso de rotura o impacto, impediría la visibilidad del conductor y, a su vez, facilitaría la eventual proyección de los ocupantes del vehículo hacia el exterior.

- *Vidrio laminado*

Los vidrios laminados o estratificados están constituidos por dos láminas de cristal unidas entre sí mediante una lámina plástica de poli-vinil-butiral (PVB). Para su obtención, se efectúa un primer calentamiento prensado, necesario para eliminar el aire existente entre el cristal y la lámina. Después, se introduce en un autoclave donde, manteniendo determinadas condiciones de temperatura y presión, se consigue que la lámina plástica polimerice, quedando íntimamente unida a las dos láminas de vidrio.

La principal característica de este tipo de lunas es su flexibilidad, propiedad que disminuye la gravedad y las consecuencias de un impacto contra ellas. Por otro lado, las lunas laminadas presentan menor resistencia que las templadas pero, a diferencia de éstas, en el caso de rotura, no se fragmentan, sino que se resquebrajan, produciendo fisuras en la zona afectada y evitando el riesgo de proyección de partículas de vidrio, que quedan adheridas a la lámina plástica.

Por la forma de su rotura y su gran elasticidad, estos vidrios se utilizan como luna parabrisas, ya que permiten una buena visibilidad, aún estando rotos. Además, su resistencia a la fragmentación dificulta la proyección de los ocupantes al exterior. Algunos fabricantes los instalan también en otras ventanas del vehículo.

En contra de este tipo de vidrios juega su capacidad térmica, muy limitada; de hecho, no pueden soportar grandes cambios de temperatura, ya que en torno a 90 °C la luna comienza a deteriorarse.

Estas características de las lunas aportan información relativa a las temperaturas mínimas que se han alcanzado en las zonas donde dichas lunas han sufrido los efectos del calor o, incluso, de las llamas directamente.

Por tanto, los restos de las lunas, ya se trate de vidrios laminados o templados, pueden aportar información, dependiendo de dónde se sitúe su zona más afectada por el calor y de si ha estallado; también interesa conocer la localización de sus restos en el vehículo quemado.

Restos de luna fundida.

Restos de luna estallada.

## 7.5.4. Interior del vehículo

Los vehículos actuales disponen de multitud de elementos en su interior, que son materiales combustibles y que van a contribuir, en caso de que se origine un incendio, a su desarrollo y al incremento de su intensidad.

Guarnecidos, canalizaciones, recubrimientos, etc., son algunos elementos de los que disponen la mayoría de los vehículos y que se fabrican, en su mayoría, con plásticos combustibles.

Lo indicado para el análisis de los elementos y rastros dejados por el incendio en el interior del vehículo es aplicable en el análisis exterior de los elementos de chapa y materiales plásticos, pero, además, hay que intentar escenificar la posición exacta de todos los elementos, interruptores, mandos, llave de contacto, cambio, ventanillas, etc., de forma que se consideren todos los elementos que hayan podido tener relación con el inicio del fuego. Además, habrá que especificar si determinados servicios del vehículo (luces, luneta, etc.) estaban accionados o apagados en el momento de originarse el incendio.

Toda la zona del salpicadero, en la que abundan los mazos de cableado del vehículo, así como sus correspondientes canalizaciones, deben inspeccionarse con sumo cuidado, fotografiando cualquier detalle digno de tenerse en cuenta.

## 7.5.5. Zona de carga

La zona de carga requerirá un análisis diferente en función de que el vehículo a inspeccionar sea un turismo o un camión.

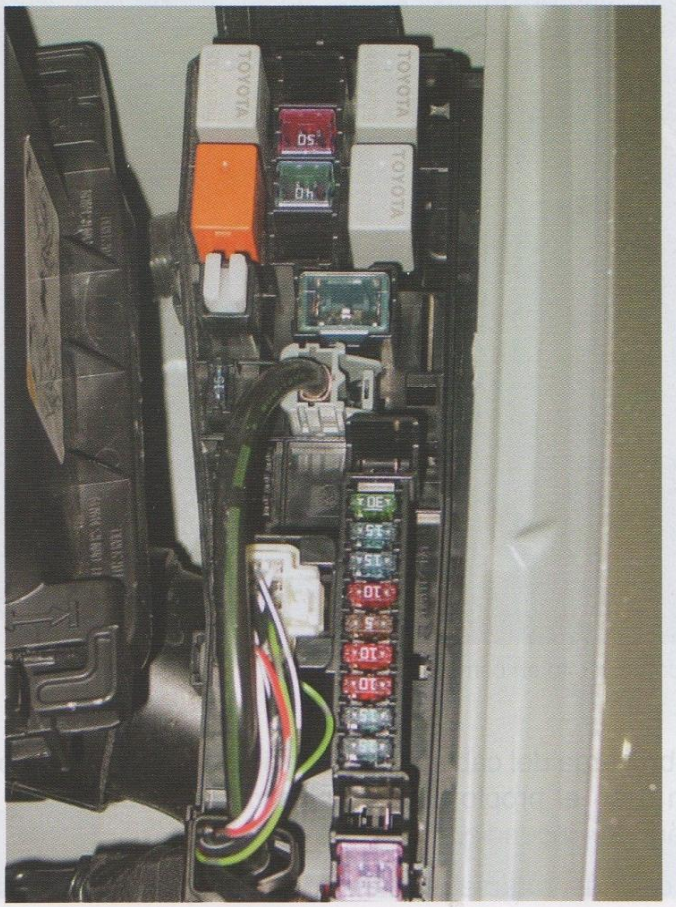
En un vehículo turismo, normalmente en la zona de carga, se almacenan equipajes y enseres que, por sí solos, no deberían arder; no obstante, cuando se trate de materiales textiles, altamente combustible, arderán con facilidad una vez que el incendio se haya originado. Por esta razón será de mucha ayuda averiguar qué se transportaba en el compartimento de equipajes, tipos de materiales, etc.

## 7.5.6. Sistema eléctrico del vehículo

En muchas ocasiones en las que se produce un incendio en un vehículo, éste se achaca a algún problema eléctrico que ha podido surgir en marcha, siendo detectado por el conductor, o bien ya parado y, al producirse varias horas después, el conductor no se ha podido percatar de tal hecho, haciendo inevitable el desarrollo del fuego.

Resulta de gran ayuda establecer una hipótesis de trabajo sobre la que actuar y buscar datos y pruebas que la corroboren.

Por esta razón, y ante la posibilidad de que el vehículo objeto de análisis haya sufrido un problema eléctrico, el análisis del vehículo comenzará, en primer lugar, por los fusibles protectores de los diferentes sistemas eléctricos del vehículo, siempre, claro está, que el estado de la caja de fusibles permita su análisis.




Caja de fusibles.

Se ha de comprobar no sólo la existencia de fusibles, sino también de puentes efectuados en sus conexiones o la correspondencia de la capacidad de tensión máxima de cada fusible, especificada por el fabricante, con el fusible que efectivamente se encuentra posicionado para este servicio en el vehículo.

En caso de que existieran puentes o fusibles sobredimensionados, y que fueran los correctos para un servicio en el vehículo, una sobrecarga podría recorrer la línea eléctrica de determinado servicio, quedando sin protección, lo que generaría en el cable sobrecargado un aumento de la temperatura.

Ya sea por una sobrecarga o incluso por un cortocircuito, el cable se calienta porque su sección no admite la sobreintensidad que circula por ella; por lo tanto, se origina un calor interno dentro del cable, que irradia hacia el exterior, dilatando su protección plástica exterior hasta llegarla a fundir e incendiar, pero ya no en contacto con el conductor.

De esta forma, los cables que han sufrido cortocircuitos o sobreintensidades, normalmente se presentan limpios, sin restos de aislante adherido en toda su longitud, ya que el calentamiento del cable será uniforme entre el punto del cortocircuito y la fuente de energía (si es un sobrecalentamiento, a lo largo de todo el cable hasta la fuente de energía, la batería).

Cable de cortocircuito en compartimiento motor.

La sobrecarga del cable puede ocasionar llamas en los puntos de conexión o en el propio aislante plástico, desprendido al fundirse, ocasionando el incendio.

En el caso de tratarse de un cortocircuito, y debido a las altísimas temperaturas que podrían originarse en los puntos donde haya

tenido lugar, pueden producirse bolitas o perlitas, que delatan la existencia de un calor tal que ha sido capaz de fundir el conductor en estas pequeñas bolitas, que normalmente quedan adheridas a él.

Detección de bolitas de cortocircuito en cable eléctrico.

Un caso muy habitual en el que se produce un cortocircuito en un vehículo es aquel en el que el protector del cable está deteriorado y deja el cable al aire; el cable, al tomar contacto con la chapa del vehículo, ocasiona un cortocircuito entre ese punto de contacto y la fuente de energía.

Contacto del cable con la carrocería.

De esta forma, se puede sobrecalentar también la batería del vehículo interiormente, lo que se manifestará en su deterioro prácticamente por igual y de dentro hacia fuera, pudiendo incluso observarse un gran daño en su interior.

Batería estallada por cortocircuito.

Sin embargo, si la batería ha sido afectada por un fuego exterior y no por un sobrecalentamiento de las líneas eléctricas, el calor habrá afectado con más intensidad a la parte más cercana a las llamas, produciéndose en esta zona una fusión más acusada del plástico de la batería, así como unos restos más claros donde el calor ha sido más intenso.

Al analizar incendios en vehículos en los que se ha establecido como hipótesis de trabajo el fallo eléctrico es muy importante tener en cuenta que en muchas ocasiones se producen cortocircuitos debidos al calor y a las llamas, pero que no son los culpables del incendio. Es decir, el aumento de la temperatura de los materiales de protección de los conductores hace que, por efecto del calor, se funda este plástico y deje al descubierto el conductor. Éste puede tomar contacto con alguna superficie metálica del vehículo o con otro conductor al que le haya sucedido la misma circunstancia, originando un cortocircuito en el sistema eléctrico.

Este caso, muy común, supone que, en pleno desarrollo del incendio, el motor de arranque del vehículo se accione o se pongan en funcionamiento algunos otros servicios fáciles de observar desde el exterior, como el sistema de alumbrado, los limpiaparabrisas, la bocina, etc. Automáticamente, se accionaría en el momento en el que su circuito de alimentación se cortocircuita y alimenta al servicio

del vehículo mientras el vehículo se encuentra completamente ardiendo.

En este caso, habrá que observar detenidamente el cableado para comprobar que, efectivamente dispone de restos calcinados de material de recubrimiento, propiciados porque las llamas le han afectado desde el exterior del conductor.

Restos en cables.

Para verificar que, efectivamente, el cortocircuito no ha sido el causante del incendio, se debe, además, evaluar su distancia al hipotético foco del incendio. En caso de que siga existiendo confusión se podrá efectuar un análisis metalográfico del cable para comprobar que la temperatura que ha alcanzado su estructura es muy inferior a si se hubiera sobrecalentado por un cortocircuito (en ese caso, la temperatura sería muy superior).

## 7.5.7. Elementos mecánicos

Aunque un elevado porcentaje de los casos en los que se produce el incendio de un vehículo se debe a problemas y fallos de origen eléctrico, no se ha de olvidar que los vehículos disponen de un motor térmico, cuya fuente de energía proviene de la ignición de un combustible.

Por esta razón, hay que tener muy en cuenta no sólo al propio combustible, sino también a todos los elementos que tienen relación con él, tanto para almacenarlo como para conducirlo e, incluso, para expulsarlo al exterior del motor, una vez quemado.

- **Depósito de combustible**

Los depósitos de combustible de los vehículos se construyen con diferentes tipos de materiales: chapa de acero (motos y camiones), aluminio (camiones), plástico (turismos, camiones y autobuses) e, incluso, fibra (autobuses).

La intensidad del fuego y el tipo de material determinan la facilidad con la que se funde el depósito; así, el efecto de las llamas será mucho más rápido sobre aluminio o materiales plásticos. Fundido el depósito, se liberará el combustible, que, sin duda, contribuirá a alimentar el incendio.

Depósito fundido de aluminio.

Sin embargo, si el depósito está fabricado con chapa de acero no se fundirá, sino que transmitirá el calor proveniente del incendio a los gases del interior del depósito, aumentando su volumen y la presión interna del depósito. Este hecho puede ocasionar escapes por sobrepresiones en el depósito y, por lo tanto, que ese combustible sí pueda inflamarse, incendiándose casi en el mismo instante en el que sale al exterior.

El combustible almacenado en el depósito de combustible es difícil que explote, ya que, en los depósitos, la relación aire/combustible está por encima del límite superior de inflamabilidad. Pero, en el caso de que el depósito haya sufrido algún daño o rotura, el combustible que se derrame podrá inflamarse.

Se deberá prestar especial atención a las tuberías anexas al depósito, tanto a las de llenado como a las de conducción hacia el motor.

En las tuberías de llenado, hay que analizar el estado del tapón de combustible, anotando si éste se encuentra colocado en su sitio, ha sido quitado por la fuerza o ha sido desmontado sin forzarlo.

Si el tapón no está en su alojamiento puede haber sido quitado deliberadamente, claro indicio de que el incendio ha sido intencionado, pero también puede haberse desencajado por la sobrepresión que el aumento de temperatura ha generado en el interior del depósito.

Depósito de chapa sin tapón.

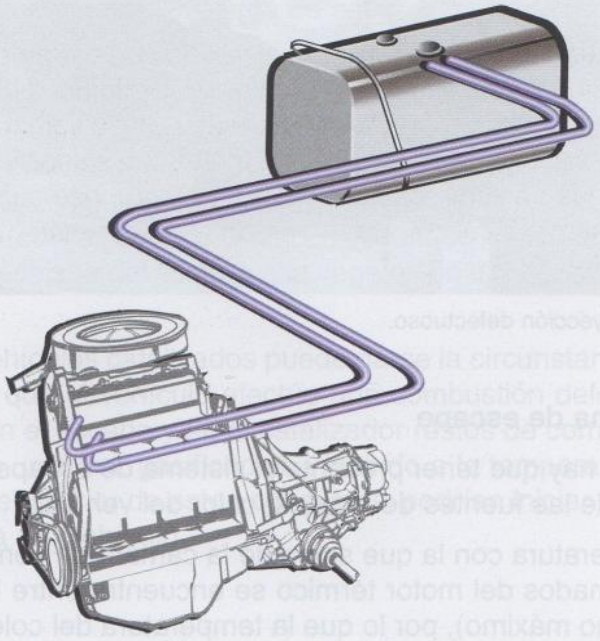
En caso de que el tapón haya sido quitado de manera intencionada, el canto sobre el que apoya en el tubo de llenado se encontrará sin marcas ni roturas; sin embargo, si se ha desprendido por sobrepresión, el extremo del tubo de llenado donde va colocado el tapón mostrará signos de arrancamiento y estrías marcadas e, incluso, roturas.

Puede ocurrir también que el tapón del depósito sea en su mayor parte de aluminio, por lo que, debido al calor, puede haberse fundido. En este caso, se deberán anotar los restos de este material cercanos a la boca de llenado e, incluso, las partes internas del tapón (bayoneta y pestañas), que, si son de acero, no se habrán fundido.

- **Tuberías de combustible**

Una vez que el combustible sale del depósito con dirección al motor del vehículo circula por una serie de tubos y canalizaciones, que es necesario comprobar por si en ellas pudiera haberse producido el foco del incendio.

Las tuberías, que se encuentran unidas entre sí y a la estructura o al motor del vehículo, tienen elementos de unión que pueden haberse aflojado o deteriorado; como consecuencia, un derrame del combustible sobre una zona caliente del vehículo o sobre una zona donde haya una chispa podría dar inicio a un incendio.


Esquema de las tuberías de combustible.

Existen una serie de tubos por los que circula el combustible a muy alta presión y, cuya rotura, puede desviarlo pulverizado al exterior, con lo que su ignición sería mucho más probable si este hecho aconteciese sobre una zona de máximo calor del vehículo. Las conducciones de retorno, en las que el combustible vuelve a baja presión, también pueden ser un foco de incendio si se rompen y se derrama el combustible.

En los antiguos carburadores, ya prácticamente en desuso, el contratiro del carburador podía producir una llama proveniente del motor que, al incidir sobre el combustible del carburador, ocasionaría el incendio del vehículo.

En la actualidad, los sistemas de inyección que eliminan el carburador del circuito de alimentación de combustible del vehículo evitan esta circunstancia. No obstante, los sistemas de inyección trabajan a presiones tan elevadas que el deterioro o la rotura de alguna junta o elemento de unión en el sistema inyector puede producir que el combustible se libere al exterior muy vaporizado, con el consiguiente riesgo de incendio.

Sistema de inyección defectuoso.

- **Sistema de escape**

Siempre hay que tener presente el sistema de escape en su conjunto, una de las fuentes de máximo calor del vehículo.

La temperatura con la que salen de la cámara de combustión los gases quemados del motor térmico se encuentra entre los 700°C y 800°C (como máximo), por lo que la temperatura del colector de escape, así como de los silenciadores intermedios, será muy elevada (unos 500°C, como máximo).

Debido a las temperaturas tan elevadas que se alcanzan en el sistema de escape del vehículo, en el caso de que existiera un derrame de combustible o, incluso, de alguno de los aceites del vehículo, podrían vaporizarse y producirse su ignición.

Colectores de escape en un turismo.

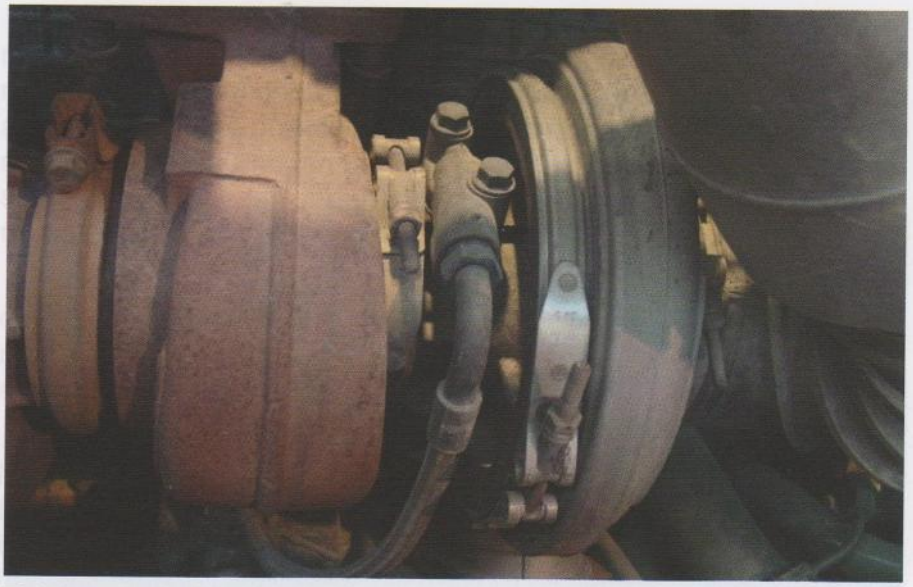
Por esta razón, hay que analizar el estado de todos los elementos del sistema de escape, comprobando que no presenten roturas, desprendimientos o daños que hayan podido influir en conducciones de combustible que pasen cerca de ellos.

En el caso de los vehículos de turismo, es importante analizar la posibilidad de que se produzca el incendio en la parte inferior, sobre todo si está ubicado sobre vegetación o basuras. Si el vehículo está estático, no se produce ningún tipo de refrigeración por su parte inferior, con el consiguiente riesgo de incendio al entrar algún material en contacto con el escape. Idéntico resultado puede acontecer si salta alguna chispa del escape a la vegetación u hojas secas del pavimento.

En los vehículos catalizados puede darse la circunstancia de que, en caso de que el vehículo efectúe una combustión defectuosa, se depositen en el escape y en el catalizador restos de combustible sin quemar que, una vez gasificados, y debido a la temperatura que se alcanza en el interior de estos conductos, podrían iniciar un incendio en esa zona del vehículo.

- **Turbo**

Un elemento que es necesario analizar siempre como fuente muy intensa de calor dentro del grupo motor es el turbocompresor.



Turbocompresor de un camión.

Debido al trabajo normal del turbocompresor, cuya turbina de acero es accionada por la presión del caudal de los gases de escape, se eleva la temperatura de su carcasa exterior. Esta zona caliente se encuentra, normalmente, cercana a las canalizaciones de combustible y fluidos hidráulicos, por lo que requiere su inspección, así como la del estado y posición de las canalizaciones de líquidos combustibles que discurren por sus cercanías.

La mayoría de los motores diesel actuales equipan el turbocompresor como un elemento imprescindible de su motor, aunque también existen vehículos de gasolina que pueden disponer de un turbocompresor.

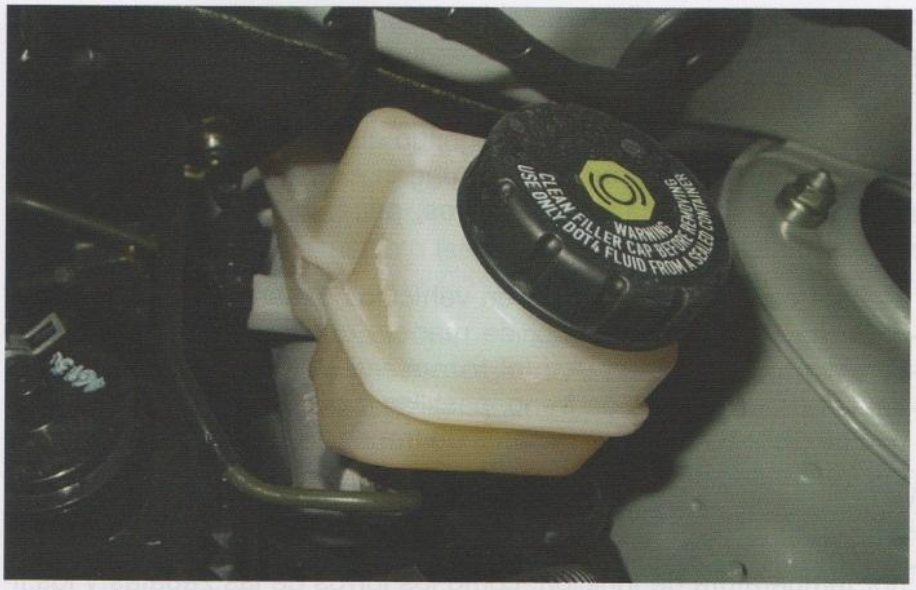
- **Otros sistemas del vehículo**

Existen otros sistemas mecánicos en los vehículos que llevan fluidos que, en determinadas condiciones, pueden inflamarse.

El sistema de frenos de los vehículos no pesados habitualmente utiliza un fluido hidráulico como elemento transmisor de la presión; sin embargo, los grandes camiones y autobuses utilizan como fluido el aire a presión.

Los líquidos de frenos, en determinadas condiciones de temperatura, pueden gasificarse y, junto a fuentes de calor procedentes del vehículo, originar un incendio. Por lo tanto, será necesario inspeccionar estos circuitos de frenos, sobre todo en los casos en los que el inicio del fuego se localice en zonas inferiores del vehículo, por las que circula el líquido, deteriorando el sistema hidráulico de frenos.

Algo similar ocurre con el circuito de la servodirección. Esta asistencia de ayuda para mover el mecanismo de la dirección utiliza un líquido que puede resultar igualmente combustible en caso de derramarse sobre fuentes de calor.




Fluido de frenos.

El aceite del motor y el de la caja de cambios también pueden vaporizarse por efecto de la temperatura y derramarse sobre alguna de las fuentes de calor, inflamándose y ocasionando el incendio del vehículo.

Un ajuste incorrecto, el desgaste de las juntas o un filtro de aceite montado defectuosamente, y por el que se "escapa" el aceite, pueden permitir que se derramen estos fluidos combustibles. Por este motivo, todas las tuberías, canalizaciones, filtros, soporte de filtros, conexiones de manguitos y uniones de elementos que contienen aceite se deberán revisar concienzudamente para comprobar si,

Manguitos de aceite.

efectivamente, este fluido ha sido el elemento combustible desencadenante del incendio.

En vehículos industriales, el peso transportado y los requerimientos de circulación son de tal magnitud que se producen fuerzas de rozamiento muy elevadas que pueden conllevar el sobrecalentamiento de determinados elementos, generando el calor suficiente para producir el incendio.

Este caso es muy común en vehículos pesados en los que, por ejemplo, se han accionado, de manera continuada, los frenos de servicio a plena carga. Así, el rozamiento entre los elementos frenantes de las pinzas de freno, pastillas y discos (en el caso de frenos de disco) o entre las zapatas de freno y los cubos (en el caso de los frenos de zapatas), unido a una posible falta de refrigeración del sistema, eleva la temperatura hasta el extremo de convertirse en un foco de incendio (comenzando por aquellos componentes con menor temperatura de ignición, como los forros de las zapatas y los líquidos hidráulicos). Esta circunstancia es especialmente relevante en vehículos cargados que descienden carreteras con elevadas pendientes, accionando únicamente sus frenos de servicio durante gran parte de su recorrido.

Este mismo hecho se produce en los sistemas de frenos de los semirremolques. En ellos, un aumento desmesurado de la temperatura producido por el rozamiento entre forros de zapatas y cubos de rueda puede producir el reblandecimiento e ignición de los materiales de menor temperatura de ignición, como son los forros, y producir un incendio que se propagará en primera instancia por los neumáticos y, posteriormente, a través de los materiales adyacentes, como el piso de madera, los cierres de lona, etc.

## 7.6. Incendios producidos por la participación humana

Hasta ahora se han descrito las circunstancias de la carrocería, tanto mecánicas como eléctricas, que propician y condicionan el inicio y desarrollo de los incendios en los vehículos. No obstante, una parte importante de los incendios son producto de la participación humana, por negligencia o intencionalidad. Sin la participación del hombre nunca se hubiera producido el incendio de la forma en la que tuvo lugar.

### 7.6.1. Negligencias

Aunque definidas de una manera genérica, hay una serie de circunstancias que, debidas a negligencias humanas y a fuerza de repetirse, proporcionan una casuística muy amplia en la generación de incendios en vehículos.

La negligencia se podría definir, en este caso, como una conducta descuidada que, directa o indirectamente, proporciona todas las condiciones favorables "no causales" para que se produzca un incendio en el vehículo.

Entre las negligencias que, directamente, ocasionan un incendio en el vehículo, se puede citar, en primer lugar, la **caída de colillas encendidas** en el habitáculo o las olvidadas en el vehículo una vez desalojado.

Colilla sobre la tapicería.

Otro tipo de negligencia muy común es el **derrame de combustible** por la boca de llenado, llegando incluso al suelo. En estos casos, el incendio es inmediato si se produce una chispa por rozamiento o fricción.

Las negligencias en la **manipulación de las baterías** son muy comunes, incluso entre personal profesional del taller; bien por actuar con premura o desconocimiento, en algunas ocasiones se propician las condiciones necesarias para que se produzcan incendios y explosiones.

Se requiere una cuidadosa manipulación de baterías.

En la comprobación de los niveles del electrolito, el hidrógeno que se desprende puede ser activado con alguna chispa de un electrodo o, incluso, de un cigarrillo, pudiendo hacer explotar la batería, e iniciando así el incendio en el compartimento motor.

En operaciones de ayuda en el arranque de vehículos, debido a baterías que se han descargado por inactividad o deterioro, a veces se utilizan extensiones de cables con pinzas que comunican la batería descargada con la de algún vehículo en marcha. Esta es una operación muy peligrosa, ya que se han dado casos en los que, por su anclaje o por algún movimiento, la pinza se suelta y se producen chispas.

Pinzas cargabaterías.

En las baterías, además, el anclaje de ambos polos se efectúa con un collarín de contacto, que se aprieta con llaves de taller. En caso de apretarse en exceso, puede deteriorar la batería y producir chispas, con el correspondiente riesgo de explosión.

Algunas veces, simplemente una acción negligente indirecta puede ocasionar las condiciones para que se inflame algún gas combustible.

La acción conjunta de un **recipiente con gas a presión** (spray, mechero, etc.), junto a la elevada temperatura debida a la acción de los rayos del sol a través de los cristales del vehículo, puede hacer aumentar la presión del recipiente hasta deteriorarlo y dejar libre el combustible, en estado gaseoso, que, en determinadas condiciones de temperatura, dará inicio a un incendio.

Los **mecheros eléctricos** que llevan de serie la mayoría de los vehículos pueden producir un incendio, en caso de que se depositen

sobre alguna superficie plástica del habitáculo, fuera de su alojamiento en el salpicadero.

Mechero eléctrico, incandescente.

En determinadas intervenciones de reparación se realizan **trabajos de soldadura** en las piezas de chapa de la carrocería.

Las máquinas de soldadura, sobre todo las de soldadura por arco eléctrico, producen abundantes chispas, que pueden depositarse en materiales textiles y plásticos del interior del vehículo y originar el foco del incendio.

Por esta razón, es práctica habitual en los talleres de reparación de chapa y pintura abandonar los trabajos de soldadura un tiempo prudencial antes de terminar la jornada laboral, al objeto de tener la plena seguridad de que no ha quedado ninguna chispa ni proyección de soldadura a alta temperatura dentro del vehículo.

## 7.6.2. Incendios intencionados

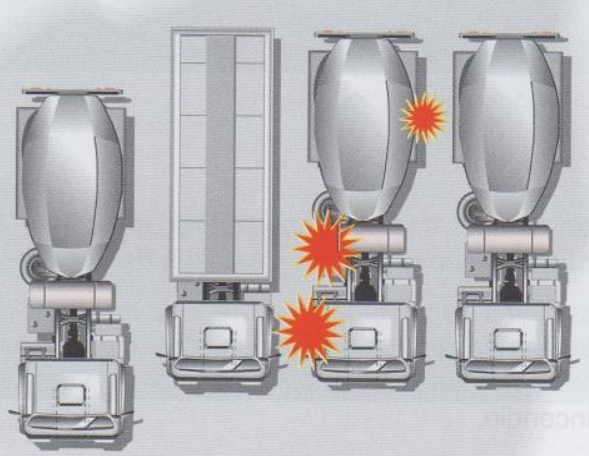
La intencionalidad de algunos incendios es debida a varias razones que, habitualmente, tienen conexión con el cobro de indemnizaciones por el seguro de incendios del vehículo. En estos casos, el propio dueño del vehículo o su entorno cercano propician el incendio.

Otras veces, sin embargo, la intencionalidad es consecuencia de determinados comportamientos vandálicos, cuya única finalidad es la de destruir el vehículo.

En cualquier caso en el que haya existido intencionalidad y que, por tanto, el origen del incendio no sea de índole accidental o fortuito, es evidente que se van a producir algunas situaciones, generadas por la conducta humana, que en circunstancias normales no se habrían producido.

Los incendios provocados tienen algunos condicionantes añadidos al resto de los incendios que hacen especialmente delicado su análisis, ya que tanto el propio inicio del incendio como su desarrollo quizá no se corresponda con las pautas que de una forma natural tendría, ya que pueden haberse empleado materiales acelerantes y combustibles añadidos.

Una característica muy generalizada en los incendios provocados es la detección de varios focos de incendio, normalmente separados una distancia tal que revelan que su inicio se ha producido de forma completamente independiente.



Varios focos de incendio.

Así, en un camión, un incendio provocado puede comenzar simultáneamente en varios focos, uno localizado en su zona delantera, en la cabina, otro en su zona media, en el depósito de combustible y uno más en su zona trasera, junto a las ruedas del eje trasero.

Si a esta circunstancia le añadimos la dificultad de que un incendio progrese en una estructura desnuda de acero, como la de un camión, es muy difícil aceptar que esos tres focos se hayan producido de forma simultánea en el tiempo. Es un claro ejemplo de incendio provocado.

En un vehículo de turismo pueden, por ejemplo, detectarse dos focos diametralmente distantes, uno en el compartimento del motor

y otro en el compartimento de equipajes, que, de forma independiente y sin conexión intermedia, surgen simultáneamente, pudiendo quemar el vehículo por completo.

Así mismo, en los vehículos que han sufrido un incendio por causas intencionadas, los restos de hidrocarburos que hayan podido utilizarse para generar el foco del incendio deben localizarse cerca de los focos y en ubicaciones a las que sólo tuvieron acceso debido a la intervención humana.

El análisis pormenorizado de los focos del incendio y de su ubicación, dirección de desarrollo y de los materiales fundidos o que han ardido en su inicio y, posteriormente, en su propagación, descubren al investigador caminos no conectables y un desarrollo ilógico que manifiesta una intencionalidad.

Normalmente, además, los incendios provocados se desarrollan con muchísima rapidez, circunstancia que habitualmente necesita la intervención de combustibles añadidos, que suelen ser materiales líquidos o gases con una inflamabilidad muy acusada, a temperaturas no demasiado elevadas.

## 7.7. Incendios producidos tras un accidente

El investigador ha de ser capaz de discernir, en un vehículo incendiado y accidentado, si el incendio se ha producido con anterioridad o con posterioridad al accidente de circulación.

Estas circunstancia, que parece tan obvia, no lo es tanto, ya que las declaraciones de los testigos y del propio conductor del vehículo accidentado e incendiado, suelen ser confusas y presentar multitud

Incendio producido por una salida de vía.

de contradicciones, por lo que el investigador no puede tomarlas como referencia.

Habrá que tener en cuenta las circunstancias propias del incendio, los datos que nos ofrezca éste, los restos y marcas de fuego y calor, así como, especialmente, el estado de los elementos mecánicos del vehículo accidentado.

Un análisis pormenorizado de los elementos mecánicos, conducciones de combustible, líquidos de frenos, dirección y posibles pérdidas de cualquier otro fluido puede arrojar luz sobre la verdadera causa del incendio.

Al analizar el accidente y comprobar que todos los daños en estos sistemas del vehículo se han producido como consecuencia del siniestro, se podría afirmar, casi con toda seguridad, que, al menos, debido al derrame de líquidos no se ha producido el incendio.

No obstante si, por ejemplo, se comprueba que los daños detectados en alguna de las canalizaciones, desajustes o tubos sueltos no se deben a los efectos del accidente, ya se tienen elementos para dirigir la investigación del incendio.

El estado de las conducciones del combustible desde el depósito al motor, sus uniones y tubos, tanto de admisión como de retorno de combustible (tanto de alta como de baja presión) y las posibles roturas y fisuras que se han podido producir en el propio depósito de combustible se analizarán pormenorizadamente para comprobar si los derrames se deben a los deterioros propios del accidente o, si por el contrario, los daños eran anteriores.

## 7.8. Ejemplo de investigación del incendio de un vehículo

**INFORME TÉCNICO** del incendio sufrido por el vehículo Citroën Xsara, matrícula X.

### A. OBJETO DEL INFORME

El presente informe tiene por objeto analizar las circunstancias del incendio sufrido por el vehículo Citroën Xsara, matrícula X.

Los datos necesarios para su elaboración se han obtenido de una inspección del vehículo y del lugar del accidente, efectuada por dos técnicos de CESVIMAP.

### B. DATOS DEL VEHÍCULO

- **IDENTIFICACIÓN:**

  **Marca/modelo:** Citroën Xsara HDI SX 5p

  **Matricula:** X

  **Nº bastidor:** Y

- **DATOS DEL MOTOR:**

  **Cilindrada:** 1997 $cm^3$
  **Potencia máxima:** 90 CV (4.000 r.p.m.)
  **Par máximo:** 210 Nm (1.900 r.p.m.)
  **Nº de cilindros:** 4 en línea
  **Distribución:** Válvulas verticales, árbol de levas en culata.
  **Alimentación:** Diesel de inyección directa.
  **Sobrealimentación:** Turboalimentación.

- **ESTADO PREVIO AL INCENDIO:**

  **Antigüedad del vehículo:** 2 meses
  **Kilometraje:** 600 km
  **Tipo de seguro:** todo riesgo

### C. CIRCUNSTANCIAS PREVIAS

El vehículo fue estacionado alrededor de las 16:00 horas. Sin embargo, el incendio se produjo durante la noche, entre las 3:00 y 3:30 horas del día siguiente.

### D. INSPECCIÓN DEL VEHÍCULO

El vehículo inspeccionado se encontraba depositado en un centro de tratamiento de vehículos fuera de uso.

Seguidamente, se describen y analizan los principales datos obtenidos en la inspección.

#### Exterior del vehículo

En el lateral derecho del vehículo se observa que la pintura de la puerta trasera se ha degradado directamente por el fuego. Esta puerta ha sido afectada en su totalidad. El fuego también ha alcanzado

Estado del costado.

Boca del depósito de combustible.

a parte de las piezas adyacentes, es decir, parte anterior de aleta trasera y parte posterior de la puerta delantera. La pintura de la aleta delantera no fue afectada por el fuego. El origen del incendio se encontraba, por tanto, próximo a la puerta trasera derecha.

La tapa, la boca y el tubo de llenado del depósito de combustible (piezas de material plástico) han sufrido una combustión completa. La combustión de estas piezas propagó el fuego hacia el neumático trasero derecho, el único de los cuatro del vehículo que resultó afectado.

Neumático trasero derecho.

En el lateral izquierdo, el fuego alcanzó a la mayor parte de la puerta trasera, a la zona de la manilla de apertura de la puerta delantera y al montante del pilar de la aleta trasera. La aleta delantera no se encuentra afectada por el fuego.

Lateral izquierdo.

En el techo se aprecian amplias deformaciones debidas a la dilatación térmica de la pieza. La degradación de la pintura ha alcanzado a la mayor parte de la superficie del panel, pero se observa que

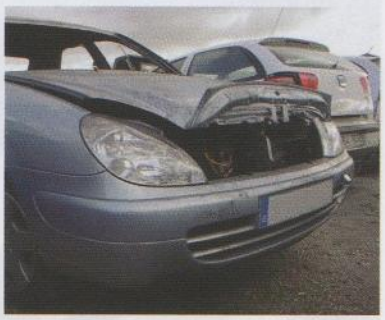
el desarrollo de dicha degradación comienza sobre la zona situada sobre el asiento trasero derecho, avanzando desde ese punto y disminuyendo en intensidad hacia el resto de la pieza.

Techo del vehículo.

La parte externa de las piezas situadas en la parte trasera del vehículo no han resultado afectadas por el fuego. La pintura de las partes posteriores de portón, paragolpes y aletas no se encuentra degradada.

Las piezas de la parte delantera del vehículo no han sido afectadas por el incendio. Se observa la manipulación de los servicios técnicos de extinción para la apertura del capó, por su parte delantera, con la finalidad de desconectar la batería del vehículo.

El depósito de combustible, fabricado con material plástico, se encuentra parcialmente desprendido de la carrocería. En esta pieza no se observan restos que indiquen que haya sido afectado directamente por el fuego aunque está deformado por la exposición al calor. El gasoil no llegó a arder.



Parte posterior y frontal.

Depósito de combustible.

Las seis lunas del vehículo han resultado completamente destruidas por el incendio. Los restos de cristales encontrados presentan grietas pequeñas, próximas entre sí e irregulares; algunos de los

trozos se encuentran deformados. Estas circunstancias indican que el incendio se propagó rápidamente y generó un calor muy intenso.

Lunas del vehículo.

Se aprecia una gran acumulación de restos de cristal en el interior del armazón de la puerta trasera derecha, en cantidad muy superior a la encontrada en las otras tres puertas. Esta circunstancia puede ser debida a que, en el momento de producirse el incendio, la ventanilla se encontraba en el interior de la puerta, es decir, la ventanilla podría haber estado abierta desde el inicio del fuego.

Vidrios en el interior del armazón de puertas.

El marco de la puerta delantera derecha ha sido forzado tirando del mismo desde su parte superior hacia el exterior del vehículo. El bombín de dicha puerta no se encuentra en su alojamiento. Dicho elemento metálico no se fundió como consecuencia del incendio, por lo que tuvo que ser extraído con alguna herramienta. En esta misma puerta se observa una perforación en el armazón, a la altura de los mecanismos de la cerradura, producido con un elemento punzante. Las aristas de la perforación presentan la misma tonalidad que el resto de la pieza: por lo tanto, tuvo que ser realizado con anterioridad al inicio del fuego.

Marco y cerradura de la puerta delantera derecha.

La cerradura de la puerta trasera derecha se encontraba en posición abierta. Ésta debía de ser su posición en el momento en el que se inició el fuego, ya que, como consecuencia de la degradación de sus componentes plásticos, sus mecanismos se bloquearon, siendo imposible su accionamiento.

Cerradura de la puerta trasera derecha.

### Interior del vehículo

La zona del habitáculo más afectada por el fuego ha sido la parte posterior, en la cual no existen apenas restos de los asientos, guarnecidos y molduras, debido a su combustión completa. En el lugar donde se ubica el asiento trasero derecho se observa una mayor concentración de óxidos en las chapas, por lo que podría ser, con alta probabilidad, el punto donde se inició el fuego.

Estado del habitáculo.

En la zona delantera del habitáculo se observan restos de material plástico fundido pertenecientes al tablero de a bordo, consolas y guarnecidos, en los que no se produjo una combustión completa.

Puesto de conducción.

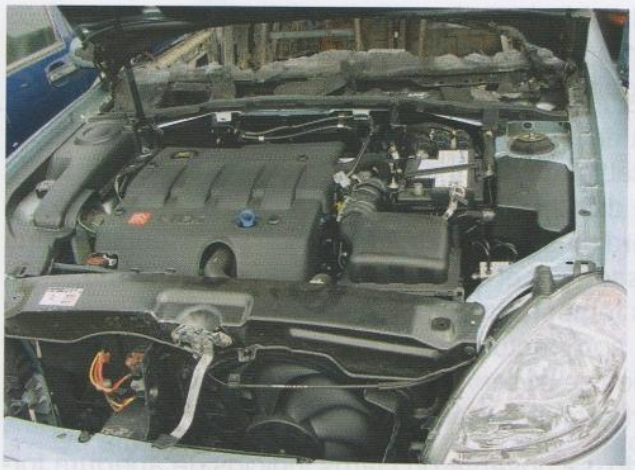
Pretensor.

El pretensor del cinturón de seguridad delantero derecho se activó por efecto de las altas temperaturas alcanzadas en la parte derecha del habitáculo.

La combustión en el maletero, aunque avanzada, es incompleta. Se aprecian restos de guarnecidos y de objetos en su interior.

Maletero.

El compartimento motor ha resultado sin daños, exceptuando la caja de aireación, en la que se observan restos de combustión incompleta en guarnecidos y cableado.



Compartimento motor.

## E. ESTUDIO TÉCNICO

### Origen y desarrollo del incendio

Sobre la base de los datos obtenidos en la inspección del vehículo puede establecerse el origen del incendio en la zona del asiento trasero derecho, por los siguientes motivos:

- La puerta trasera derecha es la pieza de la carrocería más afectada por el fuego. Su pintura ha resultado degradada en su totalidad. Los daños del resto de las piezas disminuyen en intensidad en la misma medida en que se alejan de esta zona.
- El desarrollo de la degradación de la pintura del techo comienza sobre la zona situada sobre el asiento trasero derecho, avanzando desde ese punto y disminuyendo en intensidad hacia el resto de la pieza.
- Se ha producido una combustión completa de los tapizados, guarnecidos y molduras situados en los asientos traseros. A medida que nos alejamos de esa zona, se pueden encontrar diversos restos de piezas de material plástico, en los que la combustión ha sido incompleta.
- Las piezas del armazón del asiento trasero derecho son las que presentan una mayor concentración de óxidos; por lo tanto, tuvo que ser la zona expuesta al fuego durante más tiempo y en la que se alcanzaron las temperaturas más altas.

El desarrollo del fuego fue rápido y se alcanzaron altas temperaturas, lo que, unido a la existencia de una combustión completa de numerosas piezas, indica que tuvo que darse un gran aporte de oxígeno desde el exterior del vehículo.

### Causa posible del incendio

La ubicación de la zona en donde se inició el incendio, unido a que transcurrieron 11 horas, aproximadamente, entre el

Estado del habitáculo.

último uso del vehículo y el comienzo del mismo son motivos suficientes como para descartar como causa una acumulación de calor en alguno de los componentes del grupo propulsor.

Por la zona del asiento trasero derecho se encuentra situado parte del cableado eléctrico del circuito de servicios. En la inspección de dicho cableado se apreció que los hilos de cobre habían perdido su aislamiento plástico y presentaban una fragilidad acusada por el cambio de su estructura interna, efecto de las altas temperaturas. Por dicho motivo, se encontraron hilos partidos con fractura frágil en diversos puntos, pero en ninguno de ellos se observó cobre fundido que indicara la ocurrencia de cortocircuitos eléctricos.

Por otro lado, se observaron claros indicios de apertura forzada en la puerta derecha delantera en su marco de luna, bombín de cerradura y armazón. Además, es muy posible que la cerradura y la ventanilla de la puerta trasera derecha se encontraran abiertas, lo que podría explicar la gran aportación de oxígeno desde el exterior durante el desarrollo del fuego. *Todas estas circunstancias evidencian que, muy probablemente, el origen del incendio del vehículo fuera intencionado.*



Pretensor.

## F. CONCLUSIONES

- El foco del incendio del vehículo se encuentra en la zona del asiento trasero derecho.
- Entre el último uso del vehículo y el inicio del incendio transcurrieron 11 horas, aproximadamente. Por este motivo, es posible descartar como causa del mismo una acumulación de calor en alguno de los componentes del grupo propulsor.
- En la zona donde se originó el incendio no se encontraron restos de hilo de cobre fundido que indicaran la ocurrencia de un cortocircuito eléctrico.
- El desarrollo del fuego fue rápido, se alcanzaron altas temperaturas y existió una combustión completa de numerosas piezas de plástico, lo cual indica que, durante el incendio, tuvo que darse un gran aporte de oxígeno desde el exterior. Si el incendio se hubiera producido con el habitáculo completamente cerrado se habría autoextinguido por falta de oxígeno.
- Los indicios de apertura forzada encontrados en la puerta delantera derecha evidencian que, muy probablemente, el origen del incendio del vehículo fue intencionado.

# 8 ATROPELLOS

Un atropello es un accidente de circulación ocurrido entre un vehículo y una persona que, generalmente, no es conductor.

Estudios estadísticos nos dicen que, en los atropellos que se producen a una velocidad inferior a 32 km/h, muere el 10% de los atropellados, pero si la velocidad está por encima de 64 km/h este porcentaje llega hasta el 90%.

El diseño del vehículo tiene gran trascendencia en el resultado lesivo, destacando tres aspectos de vital importancia:

- La forma y constitución del paragolpes delantero.
- El borde de ataque del frente del vehículo.
- La altura a la que se presenta el frente del vehículo.

En pruebas realizadas con dummies, a 40 km/h, se ha observado que el paragolpes rompe la parte inferior de las piernas hasta por tres sitios diferentes, en el caso de adultos, y que en los niños la rotura principal es la que se produce por la parte superior de la pierna. Incluso, el borde de ataque del frente del vehículo puede golpear la cabeza del niño, produciéndole la muerte o daños cerebrales.

La exposición que se realiza a continuación se centra en los atropellos en los que el vehículo encuentra al peatón con su parte frontal, ya que, estadística y lesivamente, los encuentros con el lateral o marcha atrás son de menor importancia.

## 8.1. Estudio del atropello

En todo atropello existen una serie de interrogantes que deben plantearse y a los cuales el investigador de los accidentes debe dar respuesta.

¿Por dónde accede el peatón a la calzada?

¿Cómo accede?

¿Qué dirección lleva el peatón?

¿Dónde se encuentra antes de ser atropellado?

¿En qué lugar es atropellado? ¿De qué forma?

¿Con qué ángulo se produce el atropello?

¿Existe visibilidad entre peatón y vehículo?

¿El peatón destaca en el entorno que le rodea?

¿Qué velocidades poseen peatón y vehículo?

¿Existen maniobras de ambos para evitar el accidente?

¿El peatón transporta alguna carga?

¿El peatón constituye un elemento de un grupo o está aislado?

En la mayoría de los casos, el comportamiento del peatón tras el accidente sigue una mecánica, movimientos sucesivos en los que la voluntad de la persona atropellada no puede alterar o modificar en nada el desarrollo del suceso.

El orden de ocurrencia de tales movimientos puede aclarar las diferentes preguntas planteadas al principio, como la existencia de la percepción y reacción del conductor o del propio atropellado.

En la mayoría de los casos, el vehículo será más perceptible para el peatón que el peatón para el conductor. Esta circunstancia permite diferenciar en el atropello cuatro períodos:

a) El peatón percibe el vehículo, intuye el riesgo.

b) El conductor percibe al peatón.

c) Tiempo de reacción y adecuación, con el fin de evitar el peligro.

d) Maniobras evasivas de ambas personas.

| PERÍODOS EXISTENTES EN EL ATROPELLO | | |
|---|---|---|
| **Percepción** | **Reacción** | **Resultado** |
| **Detección<br>Identificación<br>Análisis** | **Decisión<br>Respuesta** | **Cambio de dirección<br>o frenado** |
| 1. El riesgo se vuelve visible, riesgo potenciado.<br>2. El riesgo es real, continuo.<br>3. Se identifica el tipo de suceso.<br>4. Se valora el nivel de amenaza. | 5. Decisión, respuesta del peatón.<br>6. Decisión del conductor. | 7. Cambio de trayectoria o frenado. |

En el caso de la pelota que antecede al niño, se ve claramente que ambas personas no se han visto, pero el conductor espera un posible peatón e intuye un peligro potencial, preparándose para una posible acción evasiva.

El niño corre detrás de la pelota, sin prestar atención al vehículo, y es el conductor quien ha de modificar su marcha.

En el caso de que sea un adulto quién pretende recuperar la pelota, es posible que, antes de ir detrás de ella, se pare y mire al coche. El conductor asume que el peatón va a modificar su marcha y espera una decisión y reacción del mismo, lo que implicaría una disminución de la alerta del conductor y una menor variación de su marcha.

La rapidez de los acontecimientos crea constantes modificaciones de alerta, con continuos pensamientos de decisión y posibles alternativas de respuesta. No obstante, puede llegar a producirse la colisión, un punto en el espacio donde tiene lugar el encuentro entre peatón y vehículo.

En los atropellos, la velocidad del peatón se considera cero, ya que, aunque la posee, comparativamente a la del vehículo, suele ser despreciable; por otra parte, la dirección que posee el peatón antes del impacto se ve modificada y anulada, adoptando la dirección y velocidad del vehículo después del impacto.

A partir de este punto de encuentro, existen una serie de movimientos del atropellado, que denominaremos «secuencias».

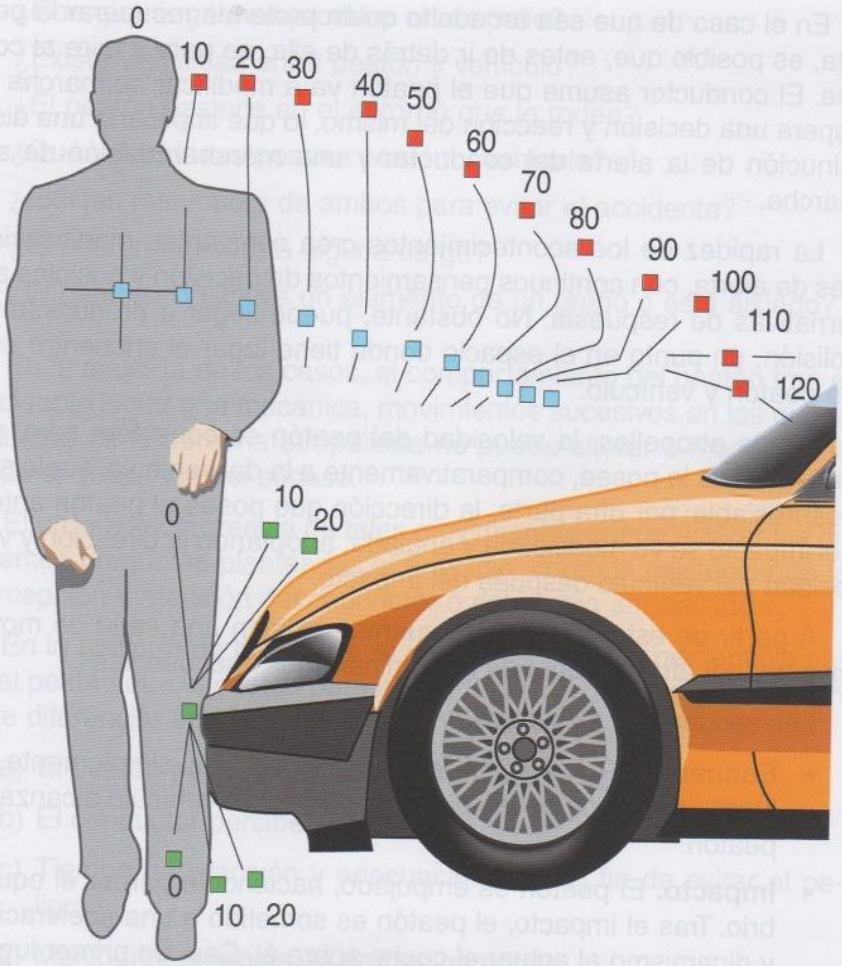
Las secuencias existentes en el atropello son:

- **Encuentro.** Contacto inicial peatón-coche. Es, simplemente, el lugar donde una de las piezas o partes del vehículo alcanza al peatón.
- **Impacto.** El peatón es empujado, haciéndole perder el equilibrio. Tras el impacto, el peatón es sometido a una aceleración y dinamismo al actuar el coche sobre él. Cae, en primer lugar, hacia el vehículo, cuando éste posee un frente bajo; esto no se produce cuando los vehículos poseen frentes rectos (furgonetas, camiones) o cuando la persona atropellada es baja (niños).
- **Transporte.** Movimiento del peatón junto con el vehículo. El vehículo y el peatón permanecen durante unos instantes moviéndose juntos, dependiendo lógicamente de las velocidades (acercamiento).
- **Aceleración.** Posteriormente, se produce la fase de aceleración del peatón, elevando del suelo al peatón y sometiéndolo a un giro (desequilibrio).

  Después de estar elevado, el peatón es proyectado por el aire hacia el coche (si el frente es bajo), que sigue avanzando, cayendo sobre el capó, luna parabrisas o techo. Cronológicamente, esto ocurre en un período breve de tiempo, del orden de los 100 milisegundos.

  Como resultado del giro rotacional, la parte baja del cuerpo es movida de abajo hacia arriba y el cuerpo gira hacia el capó del coche.
- **Proyección.** Movimiento del peatón alejándose del vehículo.

  En el caso de que el vehículo golpee a un peatón y continúe en su dirección original a velocidad constante, sin aminorar la




Tiempo que transcurre desde el encuentro hasta que se produce la caída sobre el capó. Fuente: SAE.

marcha, el cuerpo del atropellado se moverá de la siguiente forma:

— En el caso de velocidad baja, el cuerpo se deslizará desde el parabrisas o capó al suelo. Si la velocidad es moderada, será catapultado, proyectado desde el parabrisas.

— Si la velocidad es grande, será proyectado por encima del parabrisas, sobre el techo y por detrás del coche.

| DESPUES DEL ATROPELLO |
|---|
| • Si el cuerpo permanece atrapado entre el parabrisas y el capó, la velocidad con que se mueven es la misma o muy parecida. |
| • Si el cuerpo no es atrapado, el peatón sale a un lado u otro del coche, ya que el vidrio de la luna es convexo; al separarse el peatón, tomará otra dirección. |
| • Si el cuerpo es proyectado por encima del parabrisas o del techo, probablemente no adquirirá la misma velocidad que el coche. |

En el caso de que el coche disminuya su velocidad por el uso de los frenos, lo hará a un promedio aproximado de

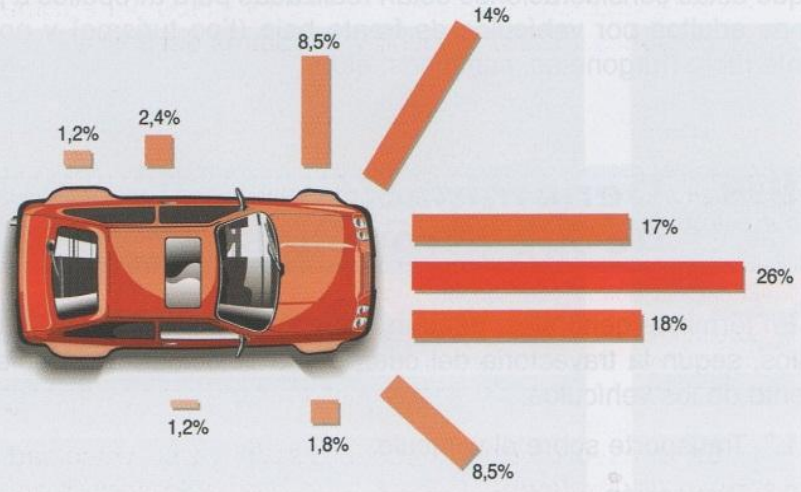
6,7 m/s² (en asfalto seco). En caso de que el coche sea frenado por el cuerpo, la deceleración del coche oscila alrededor de 2,9 m/s², modificando ligeramente la dirección del turismo al existir un deslizamiento de la rueda. En tal caso, existirán restos biológicos y ropa en la carrocería o desparramados por el suelo.

- **Arrastre.** Movimiento del peatón por el firme, el suelo, debido al impulso a que es sometido.

## 8.2. Estudios estadísticos sobre atropellos

Según un estudio realizado por Euro NCAP, en colaboración con varias asociaciones europeas de consumidores, a velocidades inferiores a 32 km/h sólo fallece uno de cada diez peatones, pero a velocidades superiores a 64 km/h son nueve de cada diez los que mueren.

Los puntos de impacto del peatón sobre el vehículo más frecuentes se muestran en las figuras siguientes:



Los accidentes con resultado de muerte por golpes en la cabeza han de producirse a más de 30 km/h.

Un vehículo no voltea al peatón con velocidades inferiores a 30 km/h. El volteo es total, en adultos, si la velocidad es superior a 40 km/h. A partir de 35 km/h, la cabeza del peatón rompe el cristal del parabrisas.

El cuadro adjunto muestra una estadística de la velocidad del vehículo relacionada con la trayectoria del peatón.

| TRAYECTORIA | VELOCIDAD |
|---|---|
| Transporte sobre el capó | 20 km/h |
| Proyección hacia adelante | 20 km/h |
| Caída sobre el capó | 40 km/h |
| Volteo por el techo | 60 km/h |
| Volteo con proyección | 60 km/h |

En concreto, un estudio del Instituto de Tráfico de Illinois (USA) ha establecido las siguientes conclusiones:

— Si un vehículo circula a menos de 40 km/h, aparecen daños en el frente (capó, rejilla, faros, paragolpes, etc.), y la posición final del peatón se ubica por delante del vehículo.

— Si circula entre 40 y 60 km/h, los daños del vehículo se presentan en el frente (capó, rejilla, faros, paragolpes, parabrisas, etc.), y el peatón queda por delante del vehículo.

— Si circula a más de 60 km/h, los daños se localizan en el frente del vehículo, parabrisas y techo, y la posición final del peatón queda por detrás del vehículo.

Todos estos datos ofrecidos se deben considerar siempre de una manera orientativa, nunca matemática, y teniendo también en cuenta que estas consideraciones están realizadas para atropellos a personas adultas por vehículos de frente bajo (tipo turismo) y no de frente recto (furgonetas, camiones, etc.).

## 8.3. Denominación de los atropellos

En términos generales, pueden diferenciarse cinco tipos de atropellos, según la trayectoria del cuerpo y la velocidad de desplazamiento de los vehículos.

1.° Transporte sobre el vehículo.

2.° Proyección.

3.º Volteo.

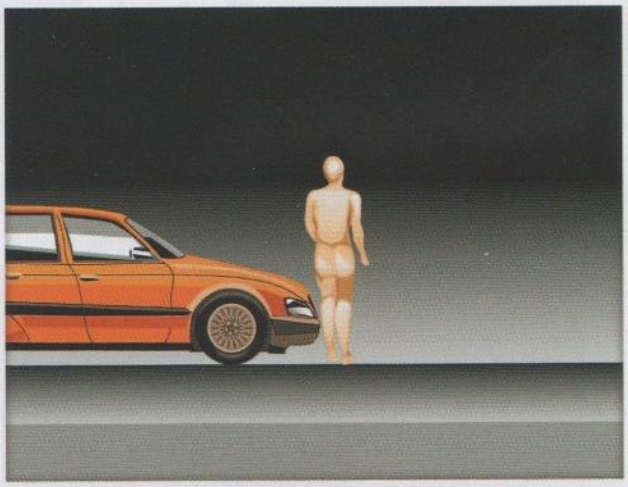
4.º Levantamiento hacia el techo.

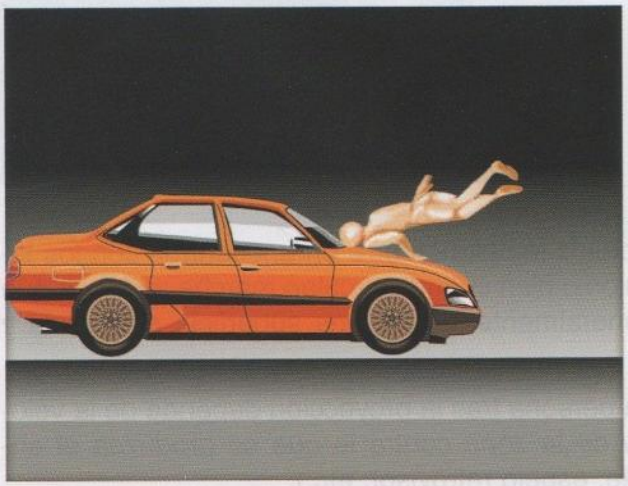
5.º Impulso mortal.

## TRANSPORTE

Este tipo de atropellos es muy frecuente y, generalmente, se produce cuando el vehículo está frenando. En esta situación, el peatón es golpeado con la parte frontal en la zona superior del muslo, entrando en contacto con el capó. La distancia de transporte depende de la geometría del frente, de la concavidad de la luna parabrisas y de la altura de la persona atropellada. Esta distancia finaliza instantes después de que el vehículo comience a frenar o porque el cuerpo se desliza sobre el capó hasta llegar al lateral, donde cae al suelo. Después de producirse la separación de ambos, el peatón se ve sometido a rodadura y arrastre por el suelo, en mayor o menor medida según la velocidad del vehículo.

La velocidad media de estas colisiones es de 30 km/h. El contacto de la cara contra la luna parabrisas no suele ocurrir por debajo de 40 km/h.





## PROYECCIÓN

El caso que sigue es muy frecuente, cuando se trata de niños o adultos atropellados por vehículos de frente recto. El centro de gravedad del peatón se encuentra por debajo del borde del vehículo. En esta situación, la parte superior del peatón es rápidamente acelerada e impulsada hacia adelante en la dirección del vehículo y con una velocidad semejante; debido a la acción de frenada el vehículo se detiene en menos metros que el peatón, que está sometido a ninguna retención, por lo que su posición final queda muy por delante de la del vehículo.

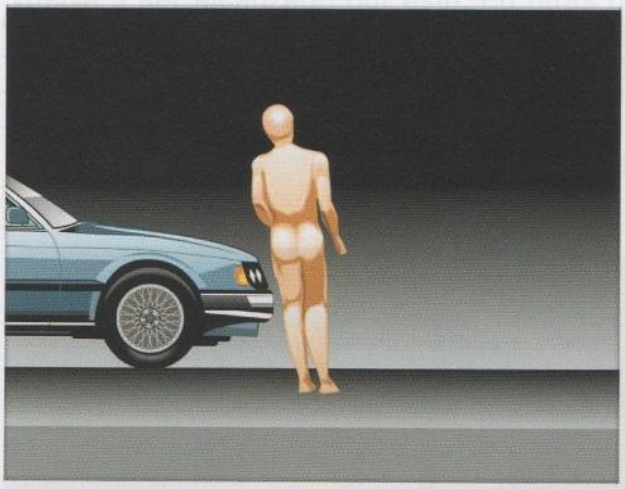
Las lesiones son consecuencia del contacto directo con el vehículo (parabrisas, techo, capó, etc.); si bien, existe un fuerte golpe al caer al suelo.

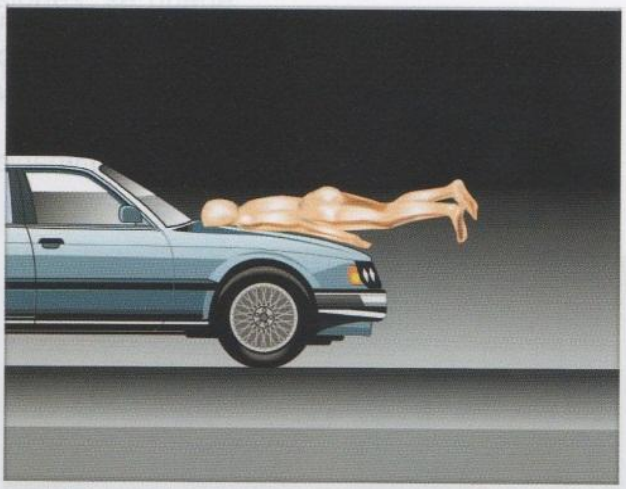
Este tipo de atropellos también ocurre en encuentros con los laterales de los vehículos o bien cuando circulan marcha atrás, ya que su parte trasera, generalmente, posee una superficie más recta y elevada.

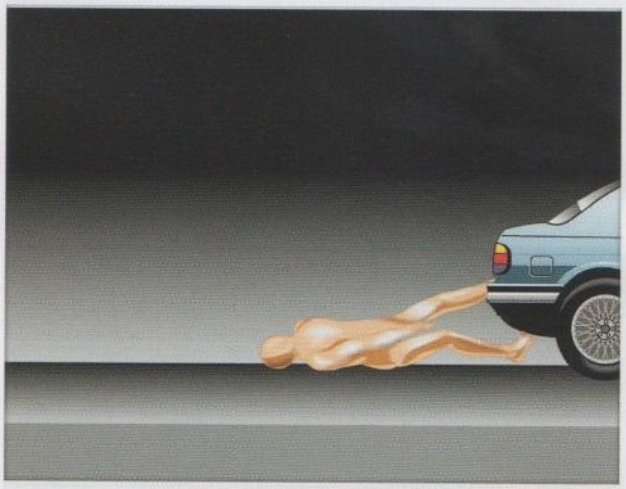
La dirección de la persona tras la proyección depende de la velocidad del vehículo y de la zona contra la que se produzca el encuentro (aletas, frente, espejo retrovisor, etc.).

## VOLTEO

Impacto que ocurre cuando el contacto entre el vehículo y el peatón se produce cerca de la posición final del vehículo y el centro de gravedad de la persona está más elevado que el frente del vehículo. El cuerpo de la persona se ve sometido a una proyección vertical ascendente, apoyándose sobre el capó y cayendo por un lateral del vehículo.



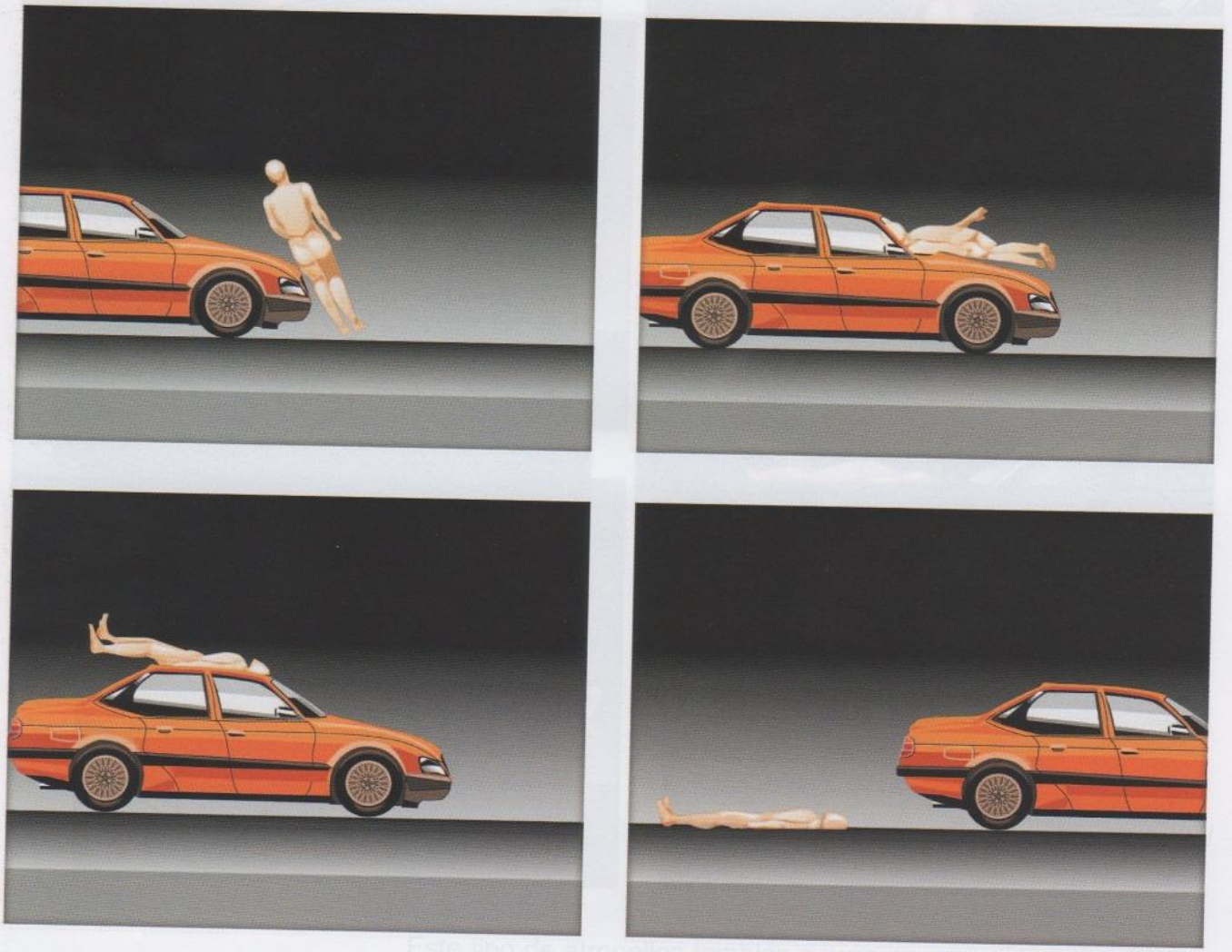




## LEVANTAMIENTO HACIA EL TECHO

Este tipo de golpe se produce en situaciones en las que el peatón posee un centro de masa más alto que el borde de ataque del vehículo; como resultado de la colisión, el peatón es levantado por el aire, incluso sobre la línea del techo. Es decir, se produce un volteo en el que, por efecto de la velocidad y de la geometría del coche, el atropellado es elevado verticalmente, momento en el que el vehículo pasa por debajo.

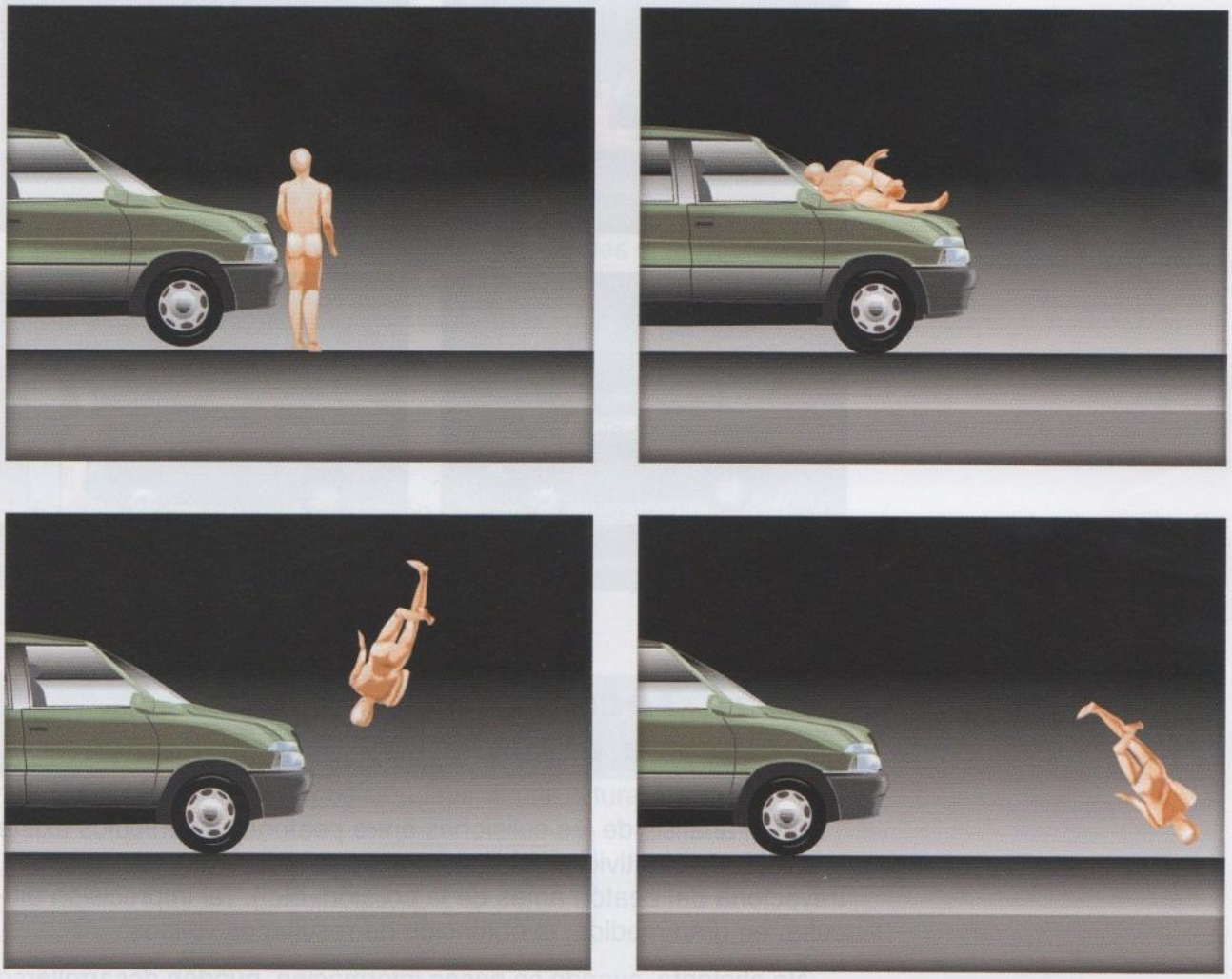
Esta situación es común en las situaciones en que el vehículo acelera tras la colisión o la velocidad de impacto es alta. Este efecto se obtiene a partir de velocidades superiores a 32 km/h (generalmente, ronda los 60 km/h). Algunos expertos establecen esta velocidad en un abanico entre 50 y 70 km/h.



## IMPULSO MORTAL

Es un tipo de golpe semejante al de transporte, con la diferencia de que la velocidad de impacto es mayor (cercana a los 60 km/h) o bien la altura del cuerpo atropellado menor, produciéndose un efecto de catapultado del peatón, el cual gira en el aire.

Puede ocurrir que, tras producirse el atropello, el peatón salga proyectado hacia delante o por un lado del vehículo, y no vuelva a ser alcanzado por éste. En otras ocasiones, se puede dar la circunstancia de que el vehículo pase por encima del peatón, ocasionándole daños por arrastramiento, compresión o aplastamiento.



### Arrastramiento

El peatón se engancha en el vehículo, generalmente en su parte baja, continuando durante cientos de metros (incluso kilómetros) arrastrado por él.

### Compresión

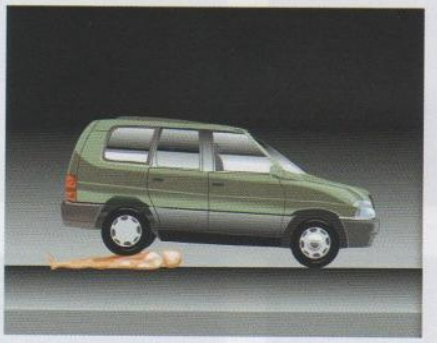
El vehículo pasa por encima de la persona atropellada, pisándola.

### Aplastamiento

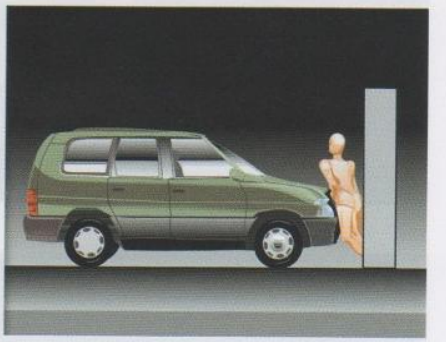
El peatón es arrastrado y, posteriormente, aplastado por el vehículo y otro objeto que retiene la marcha de este último.

Arrastramiento.

Arrastramiento.



Compresión.



Aplastamiento.

## 8.4. Técnicas de cálculo de atropellos

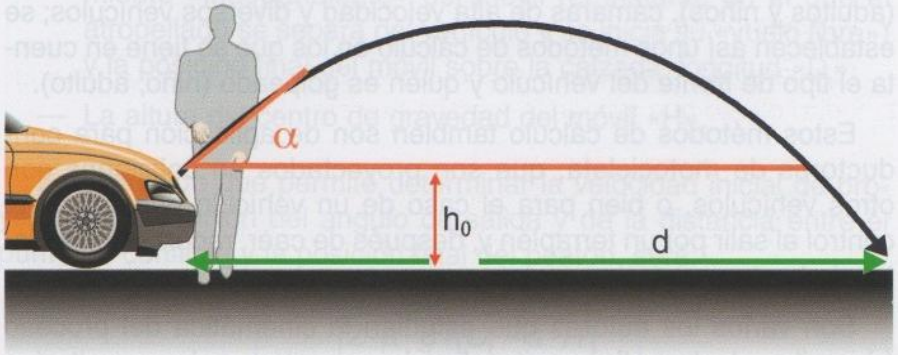
En el análisis de las colisiones entre peatones y vehículos existe una falta de objetividad en los datos de partida (punto de atropello, trayectoria del peatón antes de la colisión, etc.). Tal imprecisión dificulta, en gran medida, la obtención de resultados válidos.

No obstante, cuando se posee información, pueden desarrollarse técnicas que determinen la velocidad del vehículo o la que lleva el peatón en el momento del encuentro.

La comparación de los resultados obtenidos por medio de las ecuaciones de los diversos métodos y los ensayos basados en atropellos reales demuestran que se obtienen velocidades con errores aceptables.

### 8.4.1. Método del tiro parabólico

En un principio, el cálculo se basaba en las ecuaciones del tiro parabólico, que consideraba que el lugar de descanso de la víctima correspondería al lugar donde caía.




La ecuación poseía como incógnitas principales el ángulo de proyección (α) y el punto de partida, aspectos que, si son conocidos, conducen a un resultado más fiable.

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot d}{sen2\alpha}}$$

Donde d: distancia de proyección
α: ángulo de proyección

Para eliminar la indeterminación de la velocidad, al desconocer el ángulo de proyección, se utiliza el ángulo 45°, que es el que ofrece la mínima velocidad para el desplazamiento dado (d).

$$v_{min} = \sqrt{g \cdot d}$$

Esta fórmula se puede corregir considerando el movimiento del centro de gravedad del peatón, que inicialmente estaría a una altura $h_0$ para situarse, en la posición final, a una altura $h_1$.

$$v_{min} = \sqrt{\frac{d^2 g}{2(h_0 - h_1 + d)}}$$

Otra posible corrección viene dada al considerar un tiro horizontal tras el atropello y el posterior deslizamiento del peatón. La velocidad es:

$$v = \left(2\mu h + 2h\sqrt{\mu^2 + \frac{d\mu}{h}}\right)\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

siendo h la diferencia de alturas del centro de gravedad del peatón entre el punto de atropello y la posición final.

## 8.4.2. Método Appel-Searle

A fin de obtener unos resultados más reales, acordes con la velocidad real del vehículo, se realizan ensayos de campo con dummies (adultos y niños), cámaras de alta velocidad y diversos vehículos; se establecen así unos métodos de cálculo en los que se tiene en cuenta el tipo de frente del vehículo y quién es golpeado (niño, adulto).

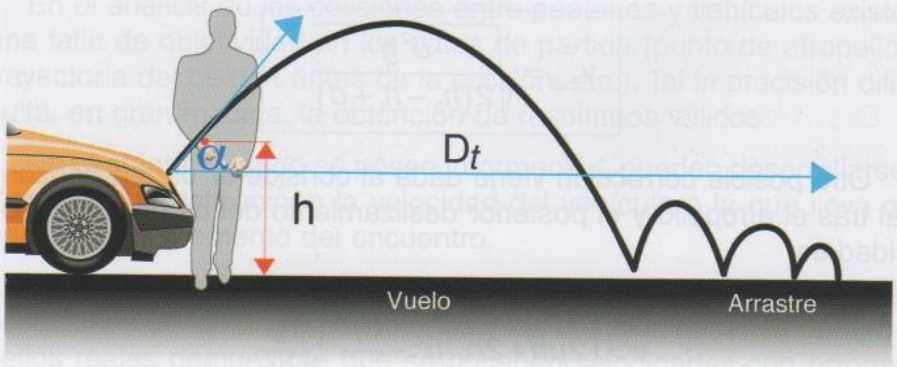
Estos métodos de cálculo también son de aplicación para conductores de motocicleta, que son proyectados en colisiones con otros vehículos, o bien para el caso de un vehículo que pierde el control al salir por un terraplén y, después de caer, recorre cierta distancia hasta pararse.

Son varios los autores que estudian la cinemática del proceso (describe el atropello), pretendiendo acercarse a los resultados exactos con estimaciones tabuladas; no obstante, es a principios de los años 80 cuando se reconoce que existen dos fases: una donde la persona vuela y otra en la que se arrastra por el terreno hasta su posición final.

En algún caso, es posible determinar, mediante evidencias físicas, el lugar donde cae la persona y comienza el arrastre por el suelo. Esta fase de arrastre y rodadura por el suelo puede llegar incluso a poseer más importancia que la fase de vuelo, modificando en gran medida la trayectoria de impulso.

El método descrito a continuación fue desarrollado por Appel y John A. Searle y pretende establecer unos límites, por exceso y defecto, de la posible velocidad de proyección del peatón. Dichos autores contemplan en el estudio la totalidad de la trayectoria, en la que existe una zona de vuelo y una zona de arrastre ($\mu$), en una superficie horizontal, con un ángulo ($\alpha$) y una velocidad de proyección (v).

La ilustración muestra el movimiento simplificado de un móvil que atraviesa las fases de, en primer lugar, movimiento libre bajo la



acción del campo gravitatorio y, en segundo lugar, arrastre posterior sobre la calzada, hasta la detención completa.

El movimiento anterior puede ser descrito por un peatón, un ciclista, un motociclista, un ocupante, un objeto que salga despedido de un vehículo, un objeto integrante de la infraestructura vial, etc. Únicamente es necesario determinar, con la mayor precisión:

— La distancia existente entre la zona donde se inicia el movimiento «independiente» del móvil (el instante en el que el atropellado se separa del vehículo y se inicia su «vuelo libre») y la posición final del móvil sobre la calzada: longitud «$D_t$».

— La altura del centro de gravedad del móvil «H».

La expresión que permite determinar la velocidad inicial de proyección, en función del ángulo de salida y de la distancia entre el punto de conflicto y la posición final del peatón, será:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \mu \cdot g \cdot (D_t - \mu \cdot H)}{(\cos\alpha + \mu \cdot \text{sen}\alpha)^2}}$$

Como el ángulo de proyección «α» resulta difícil de determinar, conviene eliminar este parámetro de la ecuación anterior para obtener la velocidad mínima de proyección que mantiene el alcance constante y conocido de «$D_t$».

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \mu \cdot g \cdot (D_t - \mu \cdot H)}{1 + \mu^2}}$$

La anterior fórmula puede corregirse para tener en cuenta:

a) El efecto de la pendiente de la calzada.

b) La posibilidad de que el móvil no se deslice, sino que se desplace rodando o «dando tumbos» sobre la calzada hasta su posición final.

c) La relación existente entre la velocidad de proyección y la velocidad del vehículo.

A continuación, se discuten brevemente cada una de estas circunstancias.

- **Efecto de la pendiente**

Es posible tener en cuenta la pendiente de la calzada (cuyo efecto no es muy relevante en realidad), modificando la fórmula de la velocidad mínima de la siguiente manera:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (\mu \cdot \cos\theta + \text{sen}\theta \cdot g \cdot D_t - \mu \cdot H)}{1 + \mu^2}}$$

Siendo «θ» el ángulo que forma la vía con la referencia horizontal.

- **Posibilidad de que el móvil no se deslice**

Cuando el móvil no se desliza, sino que rueda sobre la calzada dando tumbos, la velocidad necesaria para que dicho móvil alcance su posición final es ligeramente inferior a la velocidad correspondiente al deslizamiento.

La siguiente tabla representa el porcentaje de reducción de la velocidad indicada por las fórmulas anteriores, en función del coeficiente de rozamiento entre móvil y calzada «μ».

Dichos porcentajes han sido obtenidos a partir de numerosos ensayos llevados a cabo con dummies o maniquíes antropomórficos:

| Coeficiente μ estimado | Porcentaje de disminución |
|---|---|
| 0,1 | 0,4% |
| 0,2 | 1,5% |
| 0,3 | 2,8% |
| 0,4 | 3,9% |
| 0,5 | 4,6% |
| 0,6 | 4,9% |
| 0,7 | 4,8% |
| 0,8 | 4,3% |
| 0,9 | 3,5% |
| 1,0 | 2,5% |

- **Relación entre la velocidad de proyección y la velocidad del vehículo**

Diversos ensayos indican que la velocidad real de un vehículo en el momento del atropello es, aproximadamente, un 20% superior a la velocidad de proyección del atropellado (la cual ha sido denotada hasta el momento por «v»).

Por consiguiente, la velocidad estimada del vehículo adquiere la siguiente expresión:

$$v_{vehículo} = 1{,}2 \cdot v_{proyección}$$

## 8.5. Velocidad de avance del peatón

Para efectuar una reconstrucción veraz, secuencial y gráfica, que, por un lado, ayude a la comprensión de los acontecimientos y, por otro, permita determinar la existencia o inexistencia de retrasos en la percepción, es necesario conocer la velocidad de avance de los peatones en condiciones normales de tráfico.

Puede efectuarse de distintos modos, principalmente:

— Mediante observación directa y cronometraje de viandantes en la zona del siniestro.

— Mediante cronometraje en una zona de ensayos controlada, que reproduzca las dimensiones relevantes del lugar del siniestro.

— A través del empleo de tablas, resultado de la observación estadística.

A continuación se incluyen algunas tablas con datos de interés:

| Peatones andando (Bruce F. Hems) | |
|---|---|
| **Edad** | **Velocidad media en m/s** |
| 5 a 9 años | 1,8 |
| 10 a 14 años | 1,6 |
| 15 a 19 años | 1,6 |
| 20 a 24 años | 1,6 |
| 25 a 34 años | 1,6 |
| 35 a 44 años | 1,6 |
| 45 a 54 años | 1,5 |
| 55 a 64 años | 1,4 |
| 65 años o más | 1,3 |

| Niños corriendo (Jerry J. Eubanks) | |
|---|---|
| **Edad** | **Velocidad media en m/s** |
| 5 años | 3,4 |
| 6 años | 3,7 |
| 7 años | 3,8 |
| 8 años | 4,1 |
| 9 años | 4,4 |
| 10 años | 4,4 |
| 11 años | 4,6 |

| Adultos corriendo (Jaquelin Perry) | |
|---|---|
| **Edad** | **Velocidad media en m/s** |
| 20 años | 3,5 |
| 30 años | 3,3 |
| 40 años | 2,8 |
| 50 años | 2,8 |
| 60 años | 2,4 |

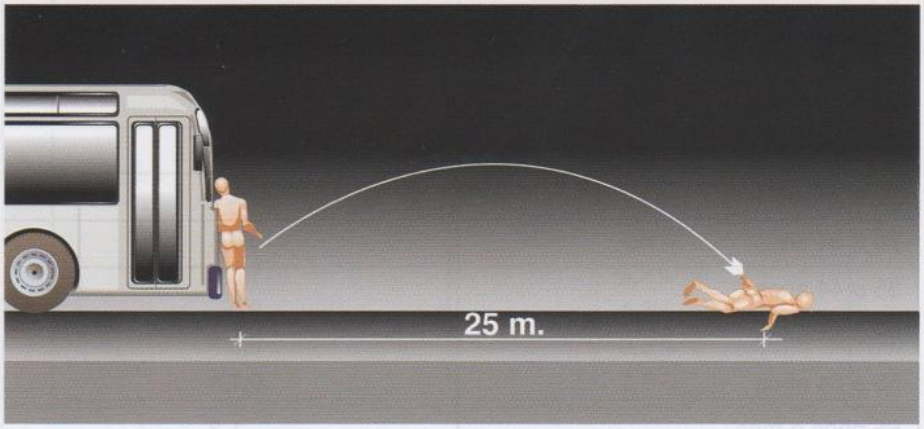
## 8.6. Ejemplos

**EJEMPLO Nº 1**

Un autobús atropella a un peatón, proyectándolo a 25 metros desde el punto de atropello.

El autobús, como consecuencia del accidente, presenta un fuerte golpe en su luna parabrisas, producido por la cabeza del peatón atropellado.

Deseamos determinar la velocidad del autobús en el momento del atropello.




Dado que el autobús tiene un frente plano, no ha podido existir transporte del peatón sobre el capó, por lo que el peatón ha sufrido una proyección desde el punto del atropello hasta su posición final, a 25 metros.

Vamos a utilizar la expresión del método Appel-Searle:

$$v_{proyección} = \sqrt{\frac{2 \cdot \mu \cdot g \cdot (D_t - \mu \cdot H)}{1 + \mu^2}}$$

Utilizaremos:

$\mu$ = 0,66. Coeficiente de rozamiento entre asfalto y peatón

$D_t$ = 25 m. Distancia de proyección

H = 1 m. Altura aproximada del centro de gravedad del peatón

$$v_{proyección} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}66 \cdot 9{,}81 \cdot (25 - 0{,}66 \cdot 1)}{1 + 0{,}66^2}} = 14{,}82 \text{ m/s}$$

Aplicamos ahora el factor corrector a este resultado, teniendo en cuenta la posibilidad de que el peatón, tras la proyección y al caer sobre el asfalto, rodase hasta alcanzar su posición final.

Según la tablas, para un coeficiente $\mu = 0{,}66$, el porcentaje de reducción de velocidad que se aplicará será de 4,9% aproximadamente.

$$v_{proyección\ corregida} = 14{,}82\ m/s - 4{,}9 \cdot \frac{14{,}82\ m/s}{100} = 14{,}09\ m/s$$

Para determinar la velocidad del autobús en el momento del atropello, se deberá incrementar en un 20% la velocidad de proyección corregida.

$$v_{autobus} = 1{,}2 \cdot v_{proyección\ corregida} = 1{,}2 \cdot 14{,}09\ m/s = 16{,}91\ m/s = 60{,}87\ km/h$$

Por lo tanto, la velocidad del autobús en el momento del atropello al peatón era de unos 60 km/h.

**EJEMPLO Nº 2**

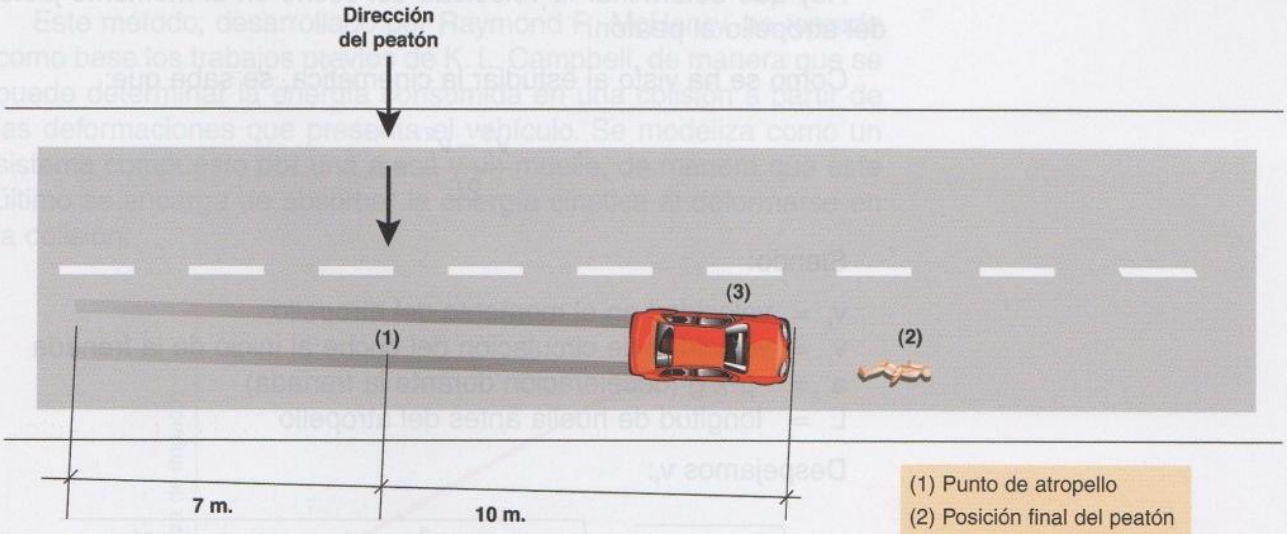
Un turismo atropella a un peatón cuando éste se disponía a cruzar la calle.

El vehículo deja una huella de frenada de 17 metros hasta el punto donde se detiene; el peatón quedó 3 metros por delante del vehículo.

El vehículo presentaba daños en el frente, capó delantero abollado y luna parabrisas rota.

Deseamos determinar la velocidad de circulación del turismo.

En el siguiente croquis se describe el atropello.




Según se ve en el croquis, desde donde se inicia la frenada hasta el punto de atropello, el vehículo recorre 7 metros.

En el momento de contactar el coche con el peatón, este último cae sobre el capó y golpea con la cabeza la luna parabrisas. El peatón es transportado sobre el capó del vehículo hasta que éste se detiene; seguidamente, el peatón cae por delante del coche y rueda hasta quedar en su posición final, tres metros por delante del frente del vehículo.

Para determinar la velocidad de circulación del vehículo, calcularemos la energía de rozamiento disipada durante la frenada.

$$E_{roz} = \mu \cdot m \cdot g \cdot l = 0{,}8 \cdot 1.350 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2 \cdot 17 \text{ m} = 180.112 \text{ Julios}$$

Siendo:

$\mu$ = 0,8 (coef. rozamiento)
m = masa del vehículo
g = 9,81m/s$^2$
l = longitud de huella

Esta energía la llevaría el coche en forma de energía cinética, por lo que se iguala a la expresión de dicha energía.

$$Ec = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 180.112 \text{ Julios}$$

Despejamos v:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 180.112 \text{ J}}{1.350 \text{ kg}}} = 16{,}33 \text{ m/s} = 58{,}8 \text{ km/h}$$

El vehículo, cuando comienza a frenar, circulaba a unos 59 km/h.

Hay que determinar la velocidad del coche en el momento justo del atropello al peatón.

Como se ha visto al estudiar la cinemática, se sabe que:

$$\frac{v_f^2 - v_i^2}{2L} = a$$

Siendo:

$v_f$ = velocidad en el momento del atropello
$v_i$ = velocidad de circulación del coche al inicio de la frenada
a = $-\mu$ x g (deceleración durante la frenada)
L = longitud de huella antes del atropello

Despejamos $v_f$:

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + 2 \cdot a \cdot L} = \sqrt{(16{,}33 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot (-0{,}8 \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2) \cdot 7 \text{ m}} =$$

$$= 12{,}52 \text{ m/s} = 45 \text{ km/h}$$

Luego la velocidad del turismo en el momento de alcanzar al peatón era de 45 km/h.

# 9 CÁLCULO DE ENERGÍAS DE DEFORMACIÓN DE UN VEHÍCULO

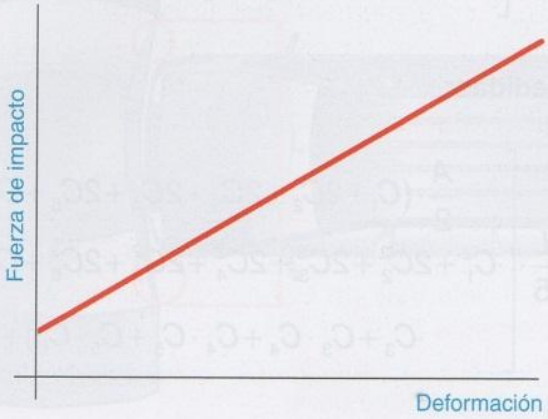
A la hora de proceder a la investigación y reconstrucción de un accidente de tráfico es necesario tener presentes todos los vestigios que han aparecido en el lugar del accidente, tales como huellas de frenada, líquidos, cristales, polvo, etc.

Otro punto importante a considerar en la investigación de un accidente son las deformaciones que presentan los vehículos, que darán una idea sobre los ángulos de impacto de los móviles y de la intensidad de la colisión.

En este capítulo se ofrece un método que permite calcular la energía absorbida por una carrocería en una colisión, teniendo en cuenta que parte de la energía cinética del vehículo se ha transformado en esa deformación estructural, pudiéndose establecer una relación entre deformación y velocidad.

## 9.1. Método de McHenry

Este método, desarrollado por Raymond R. McHenry, ha tomado como base los trabajos previos de K. L. Campbell, de manera que se puede determinar la energía consumida en una colisión a partir de las deformaciones que presenta el vehículo. Se modeliza como un sistema compuesto por una masa y un muelle, de manera que este último se encarga de absorber la energía cinética al deformarse en la colisión.



En este método se relaciona la fuerza desarrollada durante el impacto y la deformación.

Si se calcula la integral del trabajo llevado a cabo por la fuerza hasta la profundidad de deformación "$C_i$", incluyendo en este cálculo aquella energía "elástica" absorbida por el vehículo antes de presentar deformación aparente alguna, se obtiene.

$$E_{impacto} = \int \left( A \cdot C_i + \frac{1}{2} \cdot B \cdot C_1^2 + \frac{A^2}{2 \cdot B} \right) dL$$

Siendo:

A: Coeficiente de rigidez A. Representa la fuerza máxima que admite la estructura del vehículo sin deformación permanente.

B: Coeficiente de rigidez B. Representa la pendiente de la gráfica que relaciona linealmente la fuerza y la deformación residual del vehículo.

$C_i$: Profundidad de la deformación, en metros.

dL: Anchura de la deformación, en metros.

Integrando numéricamente la expresión anterior en función de 2, 4 ó 6 medidas de la profundidad de la deformación residual del vehículo, y suponiendo una variación lineal de dicha deformación entre cualesquiera dos medidas «$C_i$», se llega a las siguientes fórmulas:

**A) Dos medidas:**

$$E_{deformación} = L \left[ \frac{A}{2} \cdot (C_1 + C_2) + \frac{B}{6} \cdot (C_1^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2^2) + \frac{A^2}{2B} \right]$$

**B) Cuatro medidas:**

$$E_{deformación} = \frac{L}{3} \cdot \left[ \begin{array}{c} \frac{A}{2} \cdot (C_1 + 2C_2 + 2C_3 + C_4) + \frac{B}{6} \cdot (C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + \\ + C_4^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4) + \frac{3A^2}{2B} \end{array} \right]$$

**C) Seis medidas:**

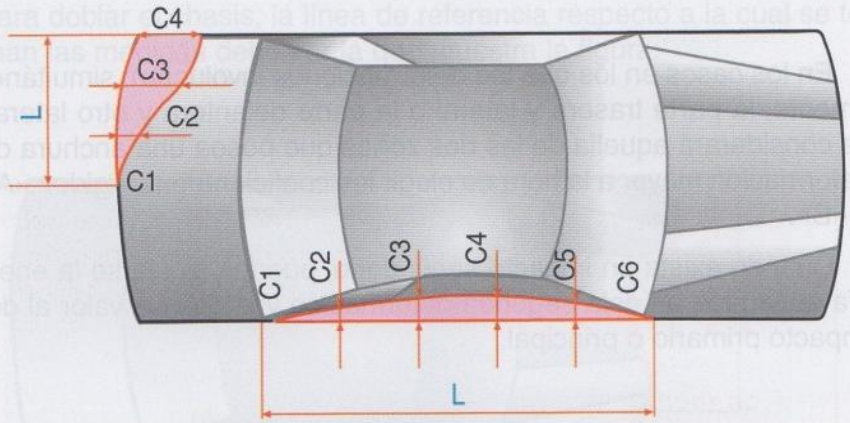
$$E_{deformación} = \frac{L}{5} \cdot \left[ \begin{array}{c} \frac{A}{2} \cdot (C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6) + \frac{B}{6} \cdot \\ \cdot C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + 2C_4^2 + 2C_5^2 + 2C_6^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot \\ \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4 + C_4 \cdot C_5 + C_5 \cdot C_6) + \frac{5A^2}{2B} \end{array} \right]$$

## 9.2. Toma de medidas en la zona deformada

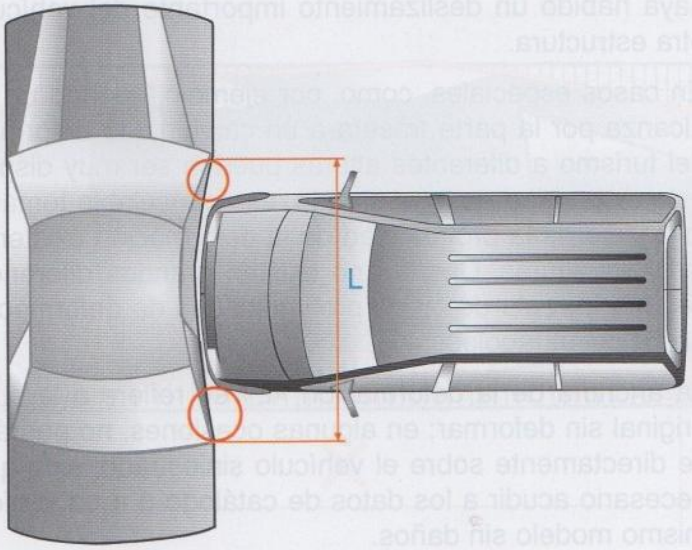
A la hora de tomar los valores de profundidad de deformación, se procederá de la manera que se indica a continuación.

Las medidas de la deformación se toman equidistantes y el primer y último valor corresponden, respectivamente, al inicio y al final de la zona afectada. La medida se refiere a la distancia que mediaría entre la posición que ocupaba la superficie original del vehículo y su posición tras el impacto.

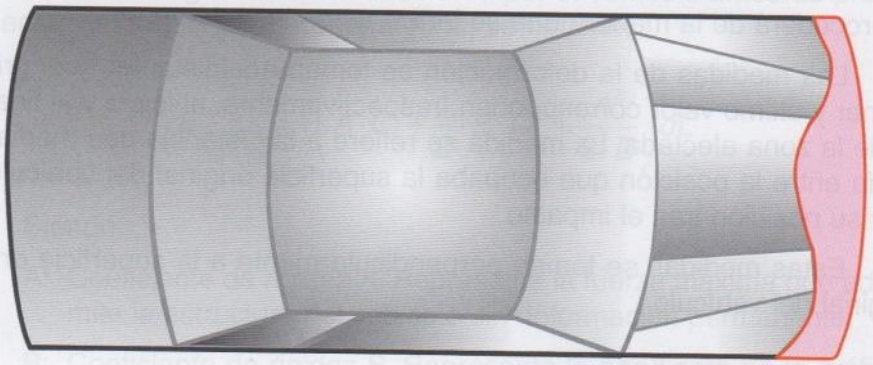
Estas medidas se toman perpendicularmente a la superficie original del vehículo.




El área de impacto incluye tanto las zonas dañadas por impacto directo como aquellas que poseen deformaciones inducidas.



La elección de 2, 4 ó 6 mediciones depende de la irregularidad del perfil dañado. No es aconsejable utilizar únicamente dos mediciones en un perfil muy irregular.



En los casos en los que las deformaciones involucren, simultáneamente, la parte trasera y lateral o la parte delantera y otro lateral, se considerará aquella de las dos zonas que posea una anchura de deformación mayor a la hora de elegir los coeficientes de rigidez «A» y «B».

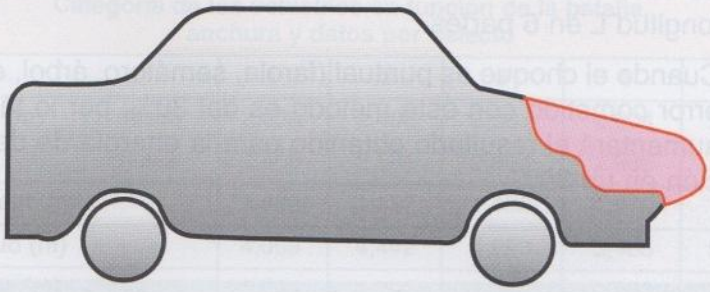
Cuando exista un impacto secundario, puede calcularse la energía absorbida en esta segunda deformación y añadir su valor al del impacto primario o principal.

## 9.3. Normas útiles en la toma de datos

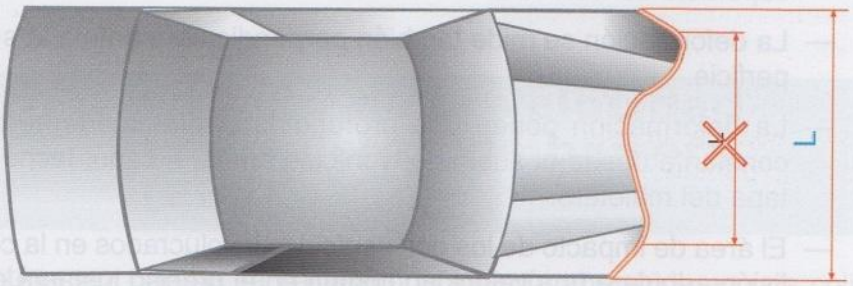
— En choques delanteros y traseros, las medidas se tomarán a la altura del paragolpes, excepto en aquellos casos en los que haya habido un deslizamiento importante del vehículo bajo otra estructura.

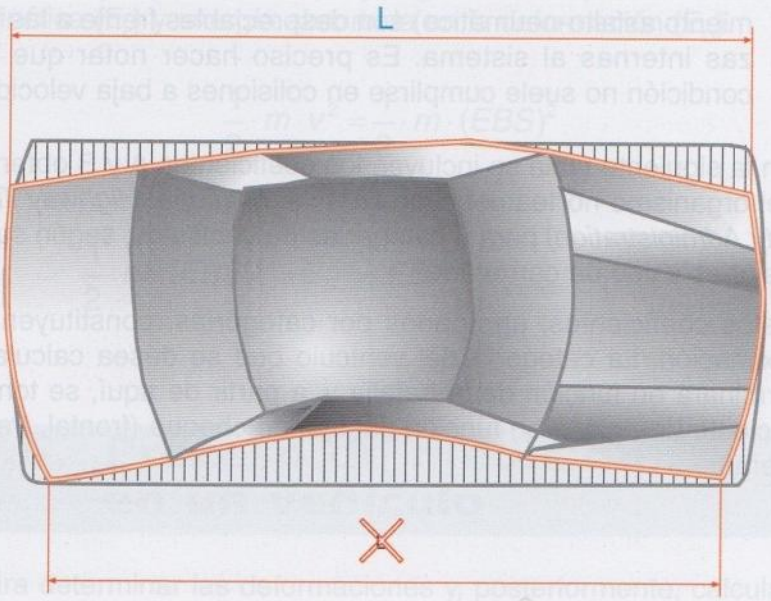
— En casos especiales, como, por ejemplo, cuando un turismo alcanza por la parte trasera a un camión, las deformaciones del turismo a diferentes alturas pueden ser muy dispares. Si esta disparidad es muy grande, es aconsejable tomar un valor medio de la profundidad de la deformación existente a diferentes alturas. Cuando no existan grandes diferencias, se seguirá la regla de medir profundidades de deformación a la altura del paragolpes.

— La anchura de la deformación «L» se refiere a la superficie original sin deformar; en algunas ocasiones, no podrá tomarse directamente sobre el vehículo siniestrado, sino que será necesario acudir a los datos de catálogo o a un vehículo del mismo modelo sin daños.



— En el caso de que un vehículo sufra un fuerte golpe lateral (golpe de banana) y toda su estructura se haya arqueado, con el fin de considerar toda la energía de deformación que ha sido necesaria para doblar el chasis, la línea de referencia respecto a la cual se toman las medidas debe ser la que muestra la figura:





En este tipo de golpes se medirá en ambos lados, cogiendo cada medida en el tramo que le corresponda, al dividir la longitud L en 6 partes.

— Cuando el choque es puntual (farola, semáforo, árbol, etc.), el error cometido con éste método es del 30%; por lo tanto, se aumentará el resultado obtenido para la energía de deformación en un 30%.

## 9.4. Valores de los coeficientes A y B

Los coeficientes de rigidez que se incluyen en la tabla adjunta fueron obtenidos en ensayos frontales o laterales bajo las siguientes restricciones:

— La rigidez del vehículo es aproximadamente uniforme en toda la anchura de la superficie afectada.

— Se supone que la fuerza "F" actúa perpendicularmente a la superficie del vehículo.

— La deformación se mide también perpendicularmente a la superficie.

— La deformación posee una profundidad aproximadamente constante desde el suelo del vehículo hasta el capó, techo o tapa del maletero.

— El área de impacto de los dos vehículos involucrados en la colisión adquiere una velocidad común en el preciso instante en que se produce la máxima profundidad de deformación.

— Las fuerzas exteriores al sistema, compuesto por los vehículos involucrados en la colisión (como por ejemplo, el rozamiento asfalto-neumático) son despreciables frente a las fuerzas internas al sistema. Es preciso hacer notar que esta condición no suele cumplirse en colisiones a baja velocidad.

En la siguiente tabla se incluyen los coeficientes A y B obtenidos por el organismo norteamericano NHTSA *(National Highway Traffic Safety Administration)* para 5 categorías de vehículos, según sus dimensiones y tipo de carrocería.

Estos coeficientes, agrupados por categorías, constituyen una aproximación. La categoría del vehículo que se desea calcular se determinará en función de la batalla y, a partir de aquí, se toma el coeficiente de rigidez en función del tipo de choque (frontal, trasero o lateral).

| VALORES DE RIGIDEZ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Categoría de los vehículos en función de la batalla, anchura y datos por defecto | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Batalla (m) | desde | 2,055 | 2,408 | 2,581 | 2,804 | 2,985 |
| | hasta | 2,408 | 2,581 | 2,804 | 2,985 | 3,130 |
| Vía delant. (m) | | 1,298 | 1,387 | 1,496 | 1,570 | 1,618 |
| Longitud (m) | | 4,059 | 4,442 | 4,983 | 5,405 | 5,682 |
| Anchura (m) | | 1,544 | 1,707 | 1,844 | 1,956 | 2,0269 |
| Tara (kg) | | 1.119 | 1.247 | 1.471 | 1.788 | 2.068 |
| Coeficientes de rigidez | | | | | | |
| Golpe frontal | A (N/m) | 52.784 | 45.268 | 55.405 | 62.222 | 56.804 |
| | B (N/m²) | 323.407 | 295.883 | 385.336 | 233.954 | 254.597 |
| Golpe trasero | A (N/m) | 63.969 | 63.339 | 71.660 | 62.396 | 51.910 |
| | B (N/m²) | 261.478 | 282.121 | 302.764 | 389.453 | 481.670 |
| Golpe lateral | A (N/m) | 13.458 | 24.469 | 30.237 | 24.994 | 30.936 |
| | B (N/m²) | 254.597 | 461.027 | 392.217 | 344.050 | 323.407 |

## 9.5. Cálculo de la velocidad equivalente de barrera (EBS)

Una vez que se ha calculado la energía absorbida en una colisión, se puede determinar la velocidad equivalente de impacto contra una barrera fija e indeformable o EBS.

Para ello, únicamente habrá que igualar las expresiones de energía cinética ($E_c$) y energía absorbida en la deformación ($E_D$).

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=\frac{1}{2}\cdot m\cdot (EBS)^2$$

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot (EBS)^2=E_D \Rightarrow EBS=v_{impacto}=\sqrt{\frac{2\cdot E_D}{m}}$$

## 9.6. Proceso de medición en un vehículo

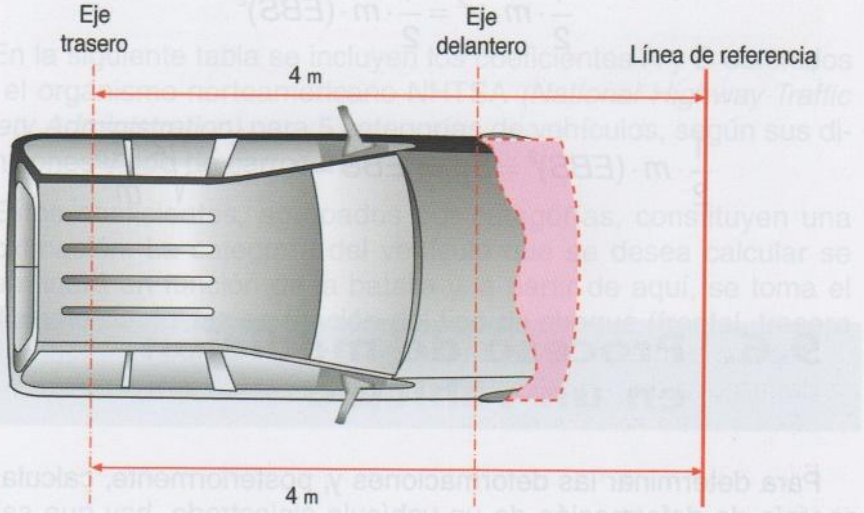
Para determinar las deformaciones y, posteriormente, calcular la energía de deformación de un vehículo siniestrado, hay que saber

cómo medir directamente sobre la carrocería las profundidades de las deformaciones.

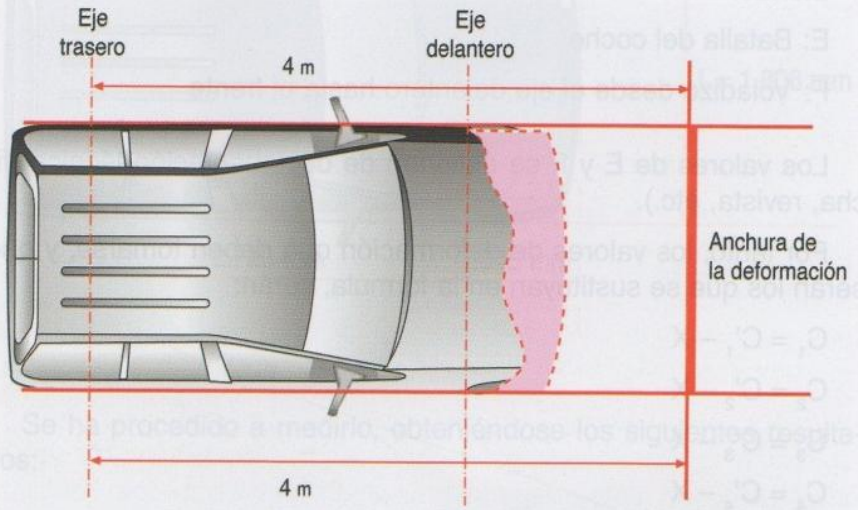
Medición en el vehículo.

Al estar el vehículo dañado, no se dispone de ninguna superficie o línea de referencia que nos permita tomar la longitud de deformación ($C_i$) desde la zona dañada hasta la que tendría sin deformar.

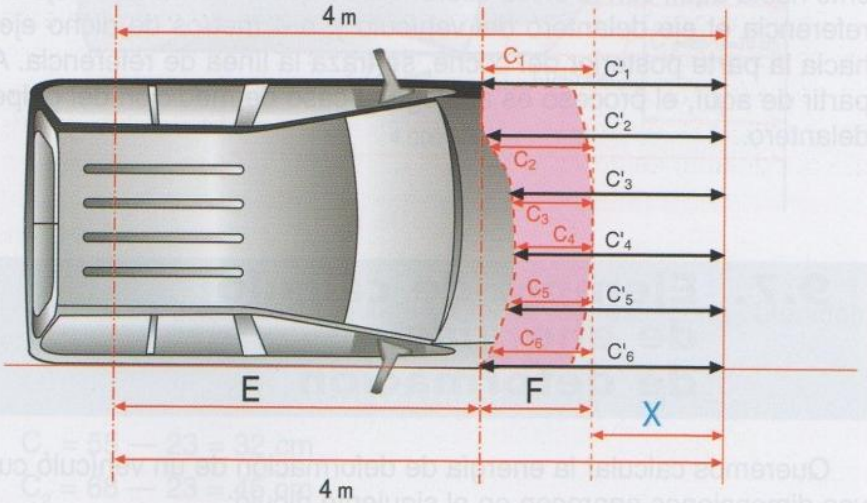
Para solucionar este problema, ha de crearse un eje de referencia sobre el que se comenzará la medición. Si el vehículo presenta un golpe frontal, se parte desde el eje trasero del vehículo y se traza, a 4 metros de dicho eje, por ejemplo, una línea paralela al mismo por delante del frontal del coche.



Una vez trazada la línea de referencia, se delimita la anchura total de la deformación, y se señala sobre esta línea de referencia ya marcada en el suelo.




Finalmente, se divide en partes iguales la línea de referencia que define la anchura de la deformación (por ejemplo, para realizar seis medidas, la dividiremos en cinco partes).




Seguidamente, se mide desde la línea de referencia hasta la zona deformada del vehículo, obteniendo las medidas $C'_1$, $C'_2$, $C'_3$, $C'_4$, $C'_5$, $C'_6$, que no son las reales.

Fijándose en el dibujo, a todas las medidas obtenidas debe restársele el valor de X.

Para obtener el valor de X, debe realizarse la siguiente operación:

$$X = 4 - [E + F]$$

Siendo:

E: Batalla del coche

F: Voladizo desde el eje delantero hasta el frente

Los valores de E y F se obtienen de documentación técnica (ficha, revista, etc.).

Por tanto, los valores de deformación que deben tomarse, y que serán los que se sustituyan en la fórmula, serán:

$C_1 = C'_1 - X$

$C_2 = C'_2 - X$

$C_3 = C'_3 - X$

$C_4 = C'_4 - X$

$C_5 = C'_5 - X$

$C_6 = C'_6 - X$

Todas las medidas se realizan en metros.

De esta manera relativamente sencilla, se pueden obtener las medidas de deformación de la carrocería.

En caso de medir un golpe trasero, el proceso es análogo al descrito hasta aquí, con la única diferencia de que se toma como eje de referencia el eje delantero del vehículo y, a 4 metros de dicho eje, hacia la parte posterior del coche, se traza la línea de referencia. A partir de aquí, el proceso es análogo al caso de medición del golpe delantero.

## 9.7. Ejemplo de cálculo de energías de deformación

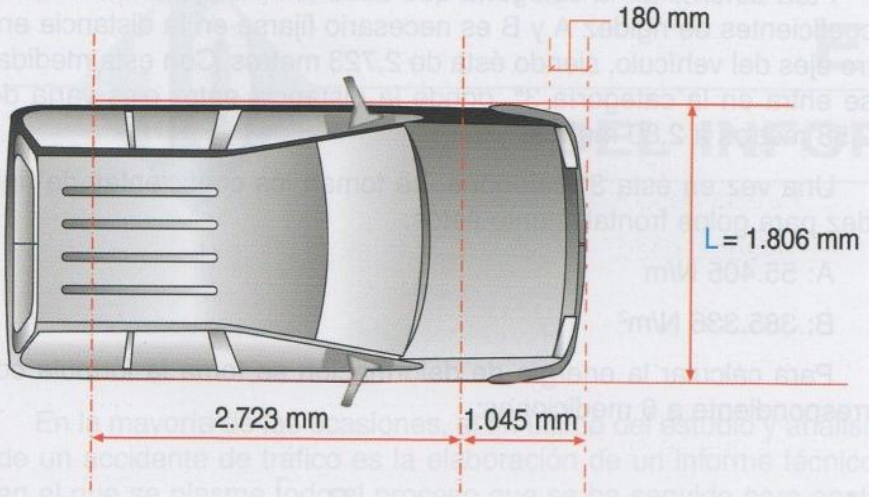
Queremos calcular la energía de deformación de un vehículo cuyas dimensiones aparecen en el siguiente dibujo:

— Distancia entre ejes: 2.723 mm

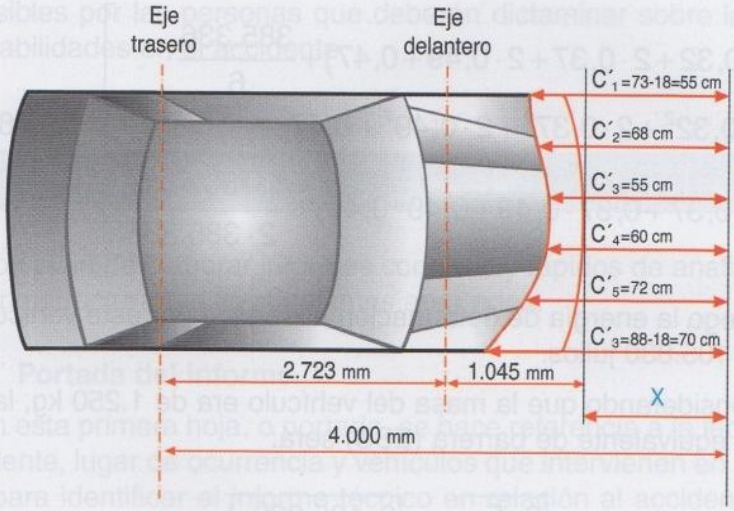
— Voladizo del eje delantero al frente: 1.045 mm

— Anchura total: 1.806 mm

— En las esquinas del frente, éste presenta un rebaje, por la propia construcción del coche, de 180 mm, que se deberá tener en cuenta al medir.




Se ha procedido a medirlo, obteniéndose los siguientes resultados:




El valor de X que debe restarse a todos los resultados obtenidos será:

$$X = 400 \text{ cm} - [273 \text{ cm} + 104 \text{ cm}] = 23 \text{ cm}$$

$C_1 = 55 - 23 = 32$ cm

$C_2 = 68 - 23 = 45$ cm

$C_3 = 55 - 23 = 32$ cm

$C_4 = 60 - 23 = 37$ cm

$C_5 = 72 - 23 = 49$ cm

$C_6 = 70 - 23 = 47$ cm

Estos serán los valores a sustituir en la fórmula, pero expresados en metros.

Para determinar la categoría que debe tomarse para obtener los coeficientes de rigidez A y B es necesario fijarse en la distancia entre ejes del vehículo, siendo ésta de 2,723 metros. Con esta medida, se entra en la categoría 3ª, donde la distancia entre ejes varía de 2,58 metros a 2,80 metros.

Una vez en ésta 3ª categoría, se toman los coeficientes de rigidez para golpe frontal, siento éstos:

A: 55.405 N/m

B: 385.336 N/m²

Para calcular la energía de deformación se toma la fórmula correspondiente a 6 mediciones:

$$E_{deformación} = \frac{L}{5} \cdot \left[ \begin{array}{l} \frac{A}{2} \cdot (C_1 + 2C_2 + 2C_3 + 2C_4 + 2C_5 + C_6) + \frac{B}{6} \cdot \\ \cdot (C_1^2 + 2C_2^2 + 2C_3^2 + 2C_4^2 + 2C_5^2 + 2C_6^2 + C_1 \cdot C_2 + \\ C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4 + C_4 \cdot C_5 + C_5 \cdot C_6) + \frac{5A^2}{2B} \end{array} \right] = \frac{1,806}{5} \cdot$$

$$\cdot \left[ \begin{array}{l} \frac{55.405}{2} \cdot (0,32 + 2 \cdot 0,45 + 2 \cdot 0,32 + 2 \cdot 0,37 + 2 \cdot 0,49 + 0,47) + \frac{385.336}{6} \cdot \\ \cdot (0,32^2 + 2 \cdot 0,45^2 + 2 \cdot 0,32^2 + 2 \cdot 0,37^2 + 2 \cdot 0,49^2 + 0,47^2 + \\ +0,32 \cdot 0,45 + 0,45 \cdot 0,32 + 0,32 \cdot 0,37 + 0,37 \cdot 0,49 + 0,49 \cdot 0,47) + \frac{5 \cdot (55.405)^2}{2 \cdot 385.336} \end{array} \right] = 105.830 \text{ J}$$

Luego la energía de deformación absorbida por este vehículo será de 105.830 julios.

Considerando que la masa del vehículo era de 1.250 kg, la velocidad equivalente de barrera (EBS) será:

$$v_{impacto} = (EBS) = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{def}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 105.830 \text{ J}}{1.250 \text{ kg}}} = 13 \text{ m/s} = 46,8 \text{ km/h}$$

# 10 ELABORACIÓN DEL INFORME TÉCNICO

En la mayoría de las ocasiones, el fin último del estudio y análisis de un accidente de tráfico es la elaboración de un informe técnico, en el que se plasme todo el proceso que se ha seguido para analizarlo.

Estos informes van dirigidos a jueces y letrados que, en la mayoría de las ocasiones, son personas inexpertas en tráfico, vehículos y cálculos físicos; por este motivo, habrá que intentar que sean lo más claros posible, e ilustrarlos con dibujos y croquis fácilmente comprensibles por las personas que deberán dictaminar sobre las responsabilidades en el accidente.

## 10.1. Estructura del informe

Con el fin de elaborar informes concisos y rápidos de analizar, se deben estructurar en los siguientes apartados.

### A. Portada del informe

En esta primera hoja, o portada, se hace referencia a la fecha del accidente, lugar de ocurrencia y vehículos que intervienen en el mismo, para identificar el informe técnico en relación al accidente que se está analizando.

### B. Objeto del informe

En este apartado, se indica brevemente el objeto del informe y qué es lo que se pretende calcular y demostrar. También se indican las fuentes de información utilizadas (atestado, inspección del vehículo, peritaciones, etc.). Ha de tenerse en cuenta que no se deben adelantar las conclusiones.

### C. Características y daños de los vehículos

Se hace mención a las características técnicas de los vehículos intervinientes en el accidente (masa, batalla, ancho de vía, ocupantes, etc.), describiendo los daños que presentan y dónde se encuentran localizados.

### D. Huellas y vestigios

Se obtiene del atestado todo lo referente al tipo de huellas que aparecen (frenada, derrape, arrastre, etc.), y la localización de los vestigios y restos de los vehículos tras la colisión.

### E. Descripción del lugar del accidente

En este punto, se describen las vías, haciendo mención a sus características, anchuras, pendientes, estudio del firme, circunstancias ambientales y señalización, tanto vertical como horizontal.

### F. Estudio técnico

Aquí se recogerán todos los cálculos que se deban realizar en el informe técnico.

Se va desarrollando, de forma ordenada, todo el proceso seguido para la obtención de las velocidades, distancias, etc., de manera que se indique lo que significan cada uno de los términos de las fórmulas aplicadas, con el fin de que puedan ser contrastadas y entendidas por otra persona experta en el tema.

### G. Conclusiones

En este apartado del informe, se recogen, de forma breve pero clara, las conclusiones a las que se ha llegado tras el estudio.

Se indican las velocidades de circulación, distancias, etc., y todos aquellos comentarios que convenga resaltar para dejar perfectamente claro el desarrollo del accidente.

Dentro de este punto, y al pie de todas las conclusiones, las personas que hayan elaborado el informe lo firmarán, indicando su cualificación profesional.

### H. Anexos

No siempre será necesario incluir este apartado. En él se adjuntan aquellos documentos que han sido utilizados para realizar la reconstrucción del accidente y que conviene aportar para dejar acreditado algún punto de la investigación.

Se puede anexar también el reportaje fotográfico del lugar del accidente y de los daños del vehículo, el croquis, los fotogramas del desarrollo del accidente, las peritaciones de los vehículos, los partes de lesiones, etc.

La ventaja de elaborar el informe siguiendo este esquema radica en que una persona profana en la materia, que no quiera leerlo en su totalidad, únicamente con echar un vistazo a la primera hoja (donde se hace referencia al objeto del informe) podrá comprobar qué es lo que se pretende demostrar y calcular. En la última hoja, en el apartado "conclusiones", se podrán conocer los resultados obtenidos y las deducciones a las que se ha llegado.

Por otra parte, con este esquema quedan totalmente separados los cálculos físicos y matemáticos, lo que favorece y ayuda a quienes no pretendan analizar los citados cálculos.

## 10.2. Informes. Ejemplos prácticos

### 10.2.1. Colisión entre dos turismos

**INFORME TÉCNICO** del accidente ocurrido el día 12 de febrero de 2006 en el P.K. 448,700 de la Ctra. N-122 (Zaragoza-Portugal), término de Coreses y partido judicial de Zamora, consistente en la colisión fronto-lateral del turismo A y el turismo B.

**ÍNDICE**


1. **Objeto del informe**
2. **Características y daños de los vehículos**
3. **Descripción del lugar del accidente**
4. **Huellas y vestigios**
5. **Posición final de los vehículos**
6. **Estudio técnico**
   - 6.1. **Cálculo de las velocidades de los vehículos.**
   - 6.2. **Tiempo que invierte el turismo B en recorrer la distancia desde el STOP hasta el punto de colisión.**
   - 6.3. **Distancia a la que se encontraba el turismo A cuando el turismo B sale del STOP.**
   - 6.4. **Distancia a la que el conductor del turismo A puede percatarse de la presencia del turismo B.**
   - 6.5. **Posibilidad de evitar la colisión por parte del conductor del turismo A.**
7. **Conclusiones**

**ANEXOS:**

- **Características de los vehículos.**
- **Hojas de entrada y salida de datos del programa Reconstructor® 98.**
- **Esquema angular.**
- **Fotogramas del accidente.**

## 1. OBJETO DEL INFORME

El presente informe técnico pretende determinar la velocidad de circulación del turismo A y analizar las circunstancias que han concurrido en este accidente.

Los datos necesarios para la elaboración del informe se han obtenido del atestado elaborado por la Guardia Civil y mediante fotografías e inspección del lugar del accidente.

Los cálculos realizados se basan en fórmulas y principios de física general, tanto dinámicos como cinemáticos.

## 2. CARACTERÍSTICAS Y DAÑOS DE LOS VEHÍCULOS

### Turismo A

| | |
|---|---|
| Masa del vehículo | 1.600 kg |
| Dos ocupantes adultos | 150 kg |
| Dos menores | 70 kg |
| **TOTAL** | **1.820 kg** |
| Longitud | 4.190 mm |
| Anchura | 1.845 mm |
| Batalla | 2.830 mm |

Este vehículo presenta daños en su parte delantera, afectando a la totalidad de la misma, con desplazamiento de puertas, abolladuras en las aletas y capó y daños en el motor.

### Turismo B

| | |
|---|---|
| Masa del vehículo | 1.265 kg |
| Dos ocupantes adultos | 150 kg |
| **TOTAL** | **1.415 kg** |
| Longitud | 4.605 mm |
| Anchura | 1.720 mm |
| Batalla | 2.625 mm |

Presenta un fuerte golpe en su parte lateral delantera derecha, afectando al chasis, a las puertas, ruedas, parabrisas, aletas y ocasionando daños en el motor.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL ACCIDENTE

— **Clase de carretera:** Carretera nacional.

— **Sentido del estudio:** Sentido Zamora, el seguido por el turismo A.

— **Calzada:** Tiene una anchura de 7,10 metros, estando dividida en dos carriles iguales, uno para cada sentido. A la izquierda de la calzada existe una confluencia de una

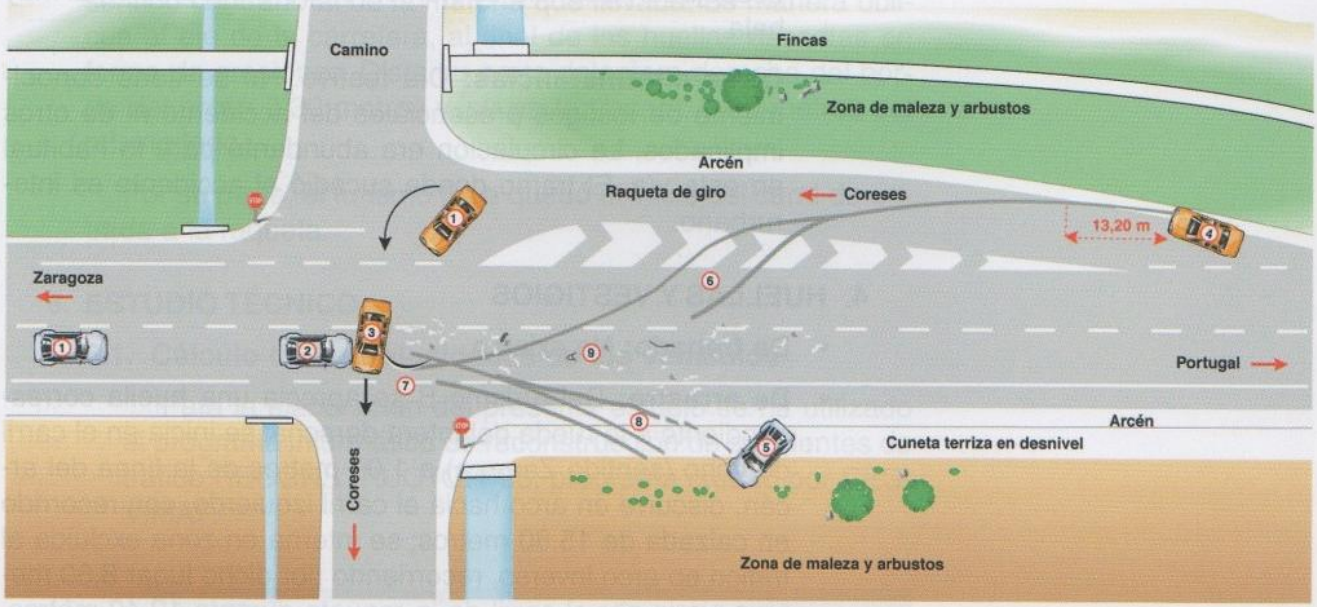
raqueta de giro a Coreses; frente a la misma existe, en el margen derecho, un camino asfaltado que conduce a dicha localidad. Éste tiene una anchura en la confluencia de 10,90 metros.

— **Arcenes:** De aglomerado, de 1,45 metros de anchura.

— **Márgenes de la vía:** Ligero desnivel.

— **Firme:** Aglomerado, en buen estado de conservación y rodadura; seco y limpio de materias que lo hagan deslizante.

— **Visibilidad y deslumbramientos:** Buena. No se han producido deslumbramientos.




1. Supuesta dirección y trayectoria de los turismos implicados, antes del suceso.
2. Supuesta situación del turismo A en el momento del impacto.
3. Supuesta situación del turismo B en el momento de la colisión.
4. Posición final del vehículo B.
5. Posición final del vehículo A.
6. Huellas de derrape del B, tras la colisión, hasta su posición final.
7. Huella de raspadura sobre el pavimento dejada por el disco de rueda anterior derecho del turismo B.
8. Huellas de frenada y derrape del turismo A, tras el impacto y hasta su posición final.
9. Zona de restos de infraestructura, plásticos, cristales y piezas de los móviles implicados.

Nota: Croquis no realizado a escala.

Croquis del accidente.

— **Señalización:**

- **Vertical:** Señal de cruce con preferencia afectando al turismo A. Respecto al turismo B, señal vertical de STOP; ambas señales son perfectamente visibles.
- **Horizontal:** Marca vial de trazo discontinuo en el centro de la carretera separando ambos carriles; en los bordes, líneas de arcén continuas, provistas de bandas sonoras, siendo de tramo discontinuo en las confluencias.

— **Limitación de velocidad:** Genérica para el turismo A, de 100 km/h.

— **Condiciones atmosféricas:** Visibilidad nocturna. Cielo despejado. Ausencia de viento. Temperatura ambiental muy baja.

— **Otras circunstancias:** Día festivo. No se tiene conocimiento de testigos presenciales del accidente ni de otros implicados. La circulación era abundante para lo habitual en esta vía. El tramo donde sucedió el accidente es interurbano.

## 4. HUELLAS Y VESTIGIOS

- **De frenado:** No existen.
- **De arrastre:** Del turismo B se aprecia una huella correspondiente a la rueda delantera derecha; se inicia en el carril derecho (sentido Zamora) a 1,00 metros de la línea del arcén, discurre en arco hacia el carril izquierdo, con recorrido en calzada de 15,80 metros; se interna en zona excluida al tráfico en arco inverso, recorriendo por dicho lugar 8,60 metros; sigue por el carril de la raqueta durante 12,40 metros, hasta que el vehículo alcanza su posición final, tras un recorrido por el arcén del carril de la raqueta de 13,20 metros. Desde el punto de colisión, el vehículo recorre unos 50 metros hasta su posición final.

  A 0,60 metros del centro de la calzada, en el carril derecho, se aprecia la huella correspondiente a la rueda trasera derecha; en el centro de la calzada está separada de la anterior 5,80 metros; continuando por la zona excluida al tráfico para unirse en un solo trazo a la anterior descrita.

  Del turismo A se aprecia una huella a la altura del inicio de las anteriores, que discurre hacia la derecha; la correspondiente a la rueda anterior izquierda recorre 4,30 metros por la calzada, internándose en el arcén, donde se bifurca. A partir de ese instante, la exterior recorre por el arcén 7,40 metros y la interior, 4,20 metros. La correspondiente a la rueda derecha, tras salir de la calzada hacia el arcén, se bifurca en éste, recorriendo la exterior 6,50 metros y la interior, 5,60 metros.
- **De rodadura:** No existen.

- **De tierra removida, líquidos:** Desde que el turismo A se sale de la vía hasta que alcanza su posición final, remueve la tierra a su paso.
- **Surcos:** A 9,60 metros del punto de referencia, en el carril derecho, distando del borde derecho, en su inicio, 1,70 metros y, en su final, 1,00 metros, con un recorrido de 3,40 metros.
- **Restos de infraestructura:** Desde el punto de conflicto hasta la posición final de ambos vehículos.

## 5. POSICIÓN FINAL DE LOS VEHÍCULOS

El vehículo A quedó en el desnivel derecho, orientado en sentido contrario al de la marcha que llevaba, de manera oblicua al eje de la carretera, al final de las huellas descritas en forma de erosiones. Dista su parte delantera derecha del borde del arcén 3,30 metros y, su parte trasera, 0,60 metros del mismo lado.

Por su parte, el turismo B se quedó al inicio del carril de entrada a la raqueta.

## 6. ESTUDIO TÉCNICO

### 6.1. Cálculo de las velocidades de los vehículos

Para la elaboración del presente estudio se ha utilizado el programa informático de reconstrucción de accidentes de tráfico RECONSTRUCTOR®98, programa creado por CESVIMAP.

En la introducción de datos se han considerado los ángulos de entrada y salida de los vehículos en la colisión, así como las trayectorias lineales y angulares seguidas por los vehículos desde el punto de colisión hasta su posición final.

Sobre la base de estas trayectorias, el programa calcula las energías consumidas. Aplicando el principio físico de conservación de la cantidad de movimiento, se obtiene la velocidad de los vehículos en el momento del impacto.

En el anexo de este informe se incluyen las hojas con los datos considerados en relación a los vehículos, así como a su movimiento, antes y después del impacto. Además, se adjunta un esquema angular en el que se pueden observar las trayectorias seguidas y, finalmente, los datos requeridos de velocidad de circulación.

Para una mejor comprensión del desarrollo del programa del accidente, se adjunta una secuencia gráfica del movimiento de los vehículos, rescatada de la presentación en dos dimensiones que visualiza el programa.

A modo de resumen, los datos obtenidos han sido:

- Velocidad de circulación del turismo A: 101 km/h
- Velocidad de circulación del turismo B: 18 km/h

### 6.2. Tiempo que invierte el turismo B en recorrer la distancia desde el STOP hasta el punto de colisión

El turismo B ha recorrido, desde la línea de STOP hasta el punto de colisión, una distancia aproximada de 8 metros.

Sabiendo que ha llegado al punto de colisión a 18 km/h, se calcula el tiempo que ha podido invertir en realizar esta maniobra.

En un primer momento, se calcula la aceleración:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 \cdot s}$$

Donde:

$v_f$: Velocidad en el momento del impacto = 18 km/h = 5 m/s
$v_i$: Velocidad inicial = 0 m/s
s: Espacio recorrido = 8 m

Aplicando los valores, se obtiene:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 \cdot s} = \frac{(5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 8 \text{ m}} = 1{,}56 \text{ m/s}^2$$

Seguidamente, se calcula el tiempo invertido:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \text{ m}}{1{,}56 \text{ m/s}^2}} = 3{,}2 \text{ s}$$

Así, el turismo B tarda poco más de 3 segundos desde que sale del STOP hasta que es alcanzado por el vehículo A.

### 6.3. Distancia a la que se encontraba el turismo A cuando el B sale del STOP

Si se tiene en cuenta que el turismo B tarda 3 segundos en desplazarse desde el STOP hasta el punto de colisión, podrá averiguarse dónde se encontraba el A 3 segundos antes.

La velocidad de circulación del turismo A es de 101 km/h en el momento del choque (28 m/s). Luego:

$$s = v \cdot t = 28 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ s} = 84 \text{ m}$$

Cuando el vehículo B inicia su salida del cruce, el A se encontraba a 84 metros del punto de colisión.

### 6.4. Distancia a la que el conductor del turismo A puede percatarse de la presencia del turismo B

En el momento de producirse el accidente era de noche y el vehículo B, cuando está situado para efectuar el cruce, se encuentra totalmente perpendicular a la carretera, por lo que sus luces no son visibles para el conductor del turismo A.

El conductor del vehículo A comenzará a ver al B cuando su haz de luces cortas comiencen a iluminarlo. Las luces cortas tienen un alcance mínimo de 40 metros, por lo que el conductor del turismo A comenzará a ver al B cuando éste ya ha iniciado la maniobra y se encuentre dentro de su haz de luces, en torno a los 40 metros.

### 6.5. Posibilidad de evitar la colisión por parte del conductor del turismo A

Se analiza, a continuación, la situación que se le presenta al conductor del vehículo A cuando el B inicia el cruce.

Primero, se determina el punto de percepción posible (P.P.P.), llamado así por representar el momento y el lugar donde un movimiento o condición inesperada o extraordinaria puede haber sido percibido por una persona normal.

Para el conductor del vehículo A, el P.P.P. se encuentra a 40 metros, que es el alcance de sus luces de cruce y cuando puede comenzar a ver al B.

Seguidamente, se determina el punto de percepción real (P.P.R.), que es el momento y lugar en el cual el conductor percibió realmente por primera vez el peligro o la situación anormal.

En este caso, para el conductor del A el P.P.R. se puede encontrar a 30 ó 35 metros del punto de colisión.

A partir del P.P.R., el conductor necesita un tiempo de reacción desde que percibe la situación de riesgo hasta que comienza a dar las órdenes a su cerebro para realizar una maniobra evasiva.

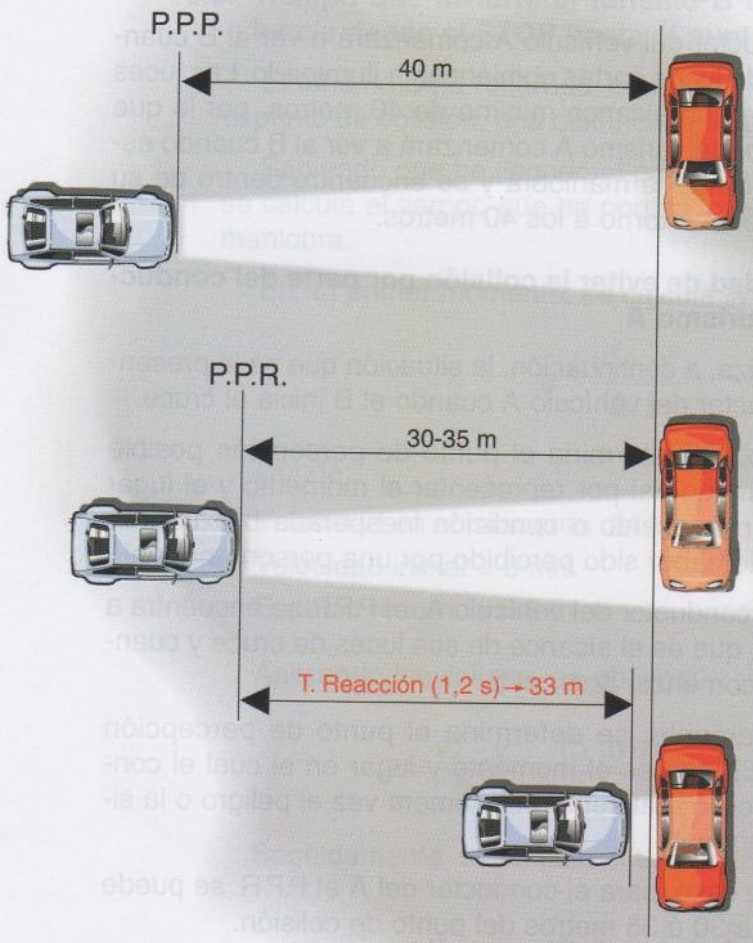
El tiempo de reacción de un conductor oscila entre 0,7 y 1,4 segundos, aumentando este tiempo en función de la edad y de las condiciones de iluminación (en este caso, era de noche).

Si se toma un tiempo de reacción del conductor de 1,2 segundos, en este tiempo habrá recorrido, a la velocidad de 101 km/h (28 m/s), una distancia de 33,6 metros.

$$s = v \cdot t = 28 \text{ m/s} \cdot 1{,}2 \text{ s} = 33{,}6 \text{ m}$$

Luego, si el punto de P.P.R. estaba entre 30 y 35 metros, prácticamente cuando comienza a reaccionar el conductor del vehículo A estaba a sólo 4 ó 5 metros del punto de colisión, no teniendo ninguna posibilidad de evitar el accidente.

Seguidamente, se presenta el estudio de forma gráfica.



## 7. CONCLUSIONES

- El conductor del turismo A circulaba a una velocidad de 101 km/h en el momento de la colisión.
- El turismo B circulaba a 18 km/h cuando impactó con el A.
- Cuando el conductor del vehículo B inicia la maniobra de cruce, el A se encontraba a 84 metros del punto de colisión.
- Al encontrarse el vehículo B perpendicular a la carretera al iniciar el cruce, el conductor del A no puede verlo hasta que éste no entra dentro del haz de sus luces de cruce, cuyo alcance mínimo es de 40 metros.
- Cuando el conductor del vehículo A se percata del cruce del B, se encuentra a unos 30 ó 35 metros del punto de colisión; a partir de ahí, tarda 1,2 s en reaccionar, en los que recorre 33,6 m, no quedándole posibilidad alguna de evitar la colisión.

**ANEXOS:**

- **Hojas de entrada y salida de datos de RECONSTRUCTOR® 98**
- **Esquema angular**
- **Fotogramas del accidente**

## Hojas de entrada y salida de datos de Reconstructor® 98

TIPO DE ACCIDENTE Y TRATAMIENTO

Choque lateral de dos vehículos.
Se consideran aproximaciones puntuales.

DATOS VEHÍCULOS

| | | 1 Turismo A | 2 Turismo B |
|---|---|---|---|
| Masa principal (kg) | : | 1850.00 | 1415.00 |
| Masa en vacío (kg) | : | 1600.00 | 1265.00 |
| Batalla (m) | : | 2.83 | 2.63 |
| Anchura (m) | : | 1.85 | 1.72 |
| Momento de inercia (kg*m^2)) | : | 0.00 | 0.00 |
| Ocupantes adultos | : | 2 | 2 |
| Ocupantes infantiles | : | 2 | 0 |
| Carga adicional (kg) | : | 0.00 | 0.00 |

DATOS PRE IMPACTO

| | | 1 Turismo A | 2 Turismo B |
|---|---|---|---|
| Ángulo pre impacto (grados) | : | 0.00 | 270.00 |

Tramos pre impacto

1 Turismo A
Tramo 1

| | | |
|---|---|---|
| tipo | : | lineal |
| desplazamiento (m) | : | 30.00 |
| coef. de rozamiento | : | 0.00 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | 0.00 |

2 Turismo B
Tramo 1

| | | |
|---|---|---|
| tipo | : | lineal |
| desplazamiento (m) | : | 9.00 |
| coef. de rozamiento | : | 0.00 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | 0.00 |

DATOS IMPACTO

DATOS POST IMPACTO

| | | 1 Turismo A | 2 Turismo B |
|---|---|---|---|
| Ángulo post impacto (grados) | : | 335.00 | 5.00 |
| Velocidad post impacto (km/h) | : | 46.18 | 78.33 |
| Energía disipada en vuelco(s) (julios) | : | 0.00 | 0.00 |

Tramos post impacto

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Turismo A | | | |
| Tramo 1 | | | |
| tipo | : | lineal | |
| desplazamiento (m) | : | 11.30 | |
| coef. de rozamiento | : | 0.55 | |
| energía disipada por deformación (julios) | : | 0.00 | |
| energía disipada adicional (julios) | : | 0.00 | |
| Tramo 2 | | | |
| tipo | : | angular | |
| giro (grados) | : | 160.00 | |
| coef. de rozamiento | : | 0.55 | |
| energía disipada por deformación (julios) | : | 0.00 | |
| energía disipada adicional (julios) | : | 0.00 | |
| 2 Turismo B | | | |
| Tramo 1 | | | |
| tipo | : | | lineal |
| desplazamiento (m) | : | | 10.00 |
| coef. de rozamiento | : | | 0.50 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | | 0.00 |
| Tramo 2 | | | |
| tipo | : | | lineal |
| desplazamiento (m) | : | | 6.00 |
| coef. de rozamiento | : | | 0.50 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | | 0.00 |
| Tramo 3 | | | |
| tipo | : | | lineal |
| desplazamiento (m) | : | | 10.00 |
| coef. de rozamiento | : | | 0.50 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | | 0.00 |
| Tramo 4 | | | |
| tipo | : | | lineal |
| desplazamiento (m) | : | | 10.80 |
| coef. de rozamiento | : | | 0.50 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | | 0.00 |
| Tramo 5 | | | |
| tipo | : | | lineal |
| desplazamiento (m) | : | | 13.20 |
| coef. de rozamiento | : | | 0.20 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | | 0.00 |
| Tramo 6 | | | |
| tipo | : | | angular |
| giro (grados) | : | | 270.00 |
| coef. de rozamiento | : | | 0.50 |
| energía disipada por deformación (julios) | : | | 0.00 |
| energía disipada adicional (julios) | : | | 0.00 |

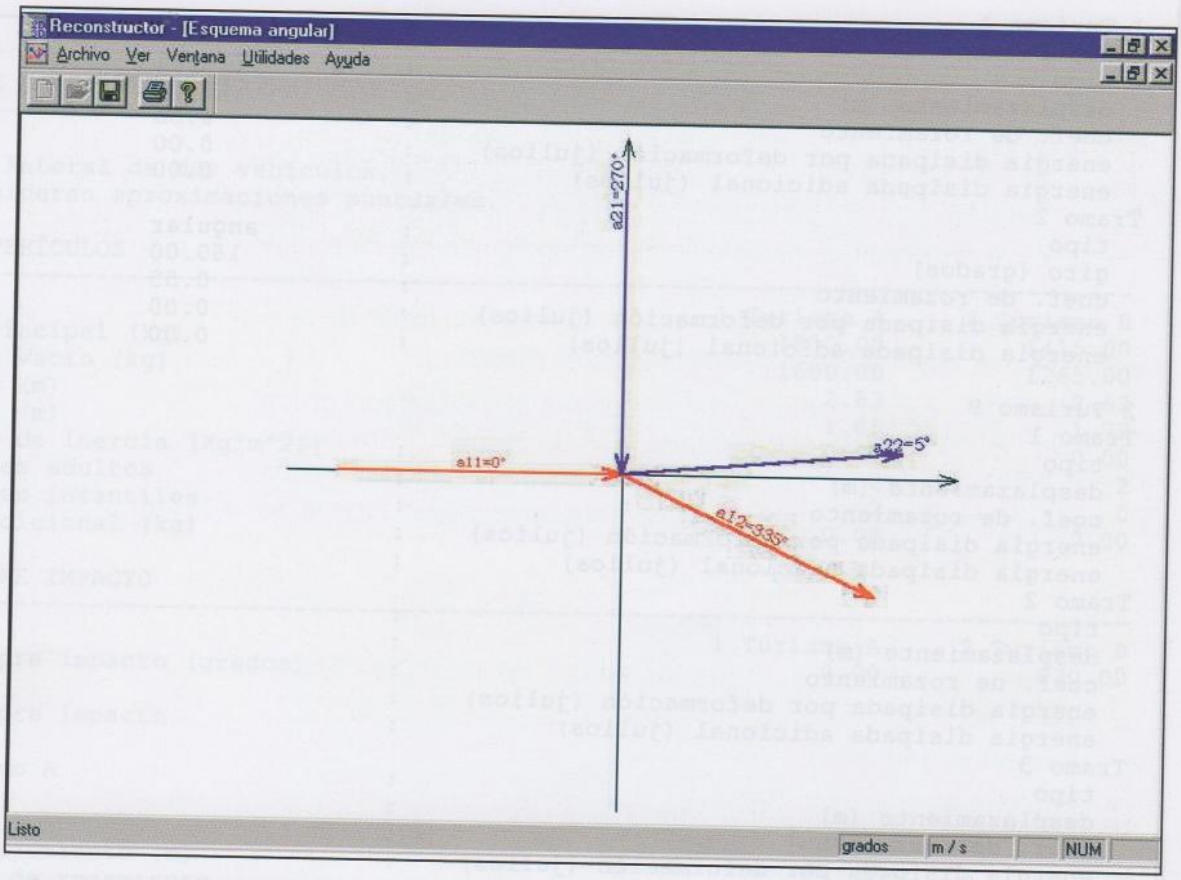
OTROS DATOS

| | | |
|---|---|---|
| Peso ocupante adulto (kg) | : | 75.00 |
| Peso ocupante infantil (kg) | : | 50.00 |
| Tiempo hasta huella de frenada (s) | : | 0.25 |

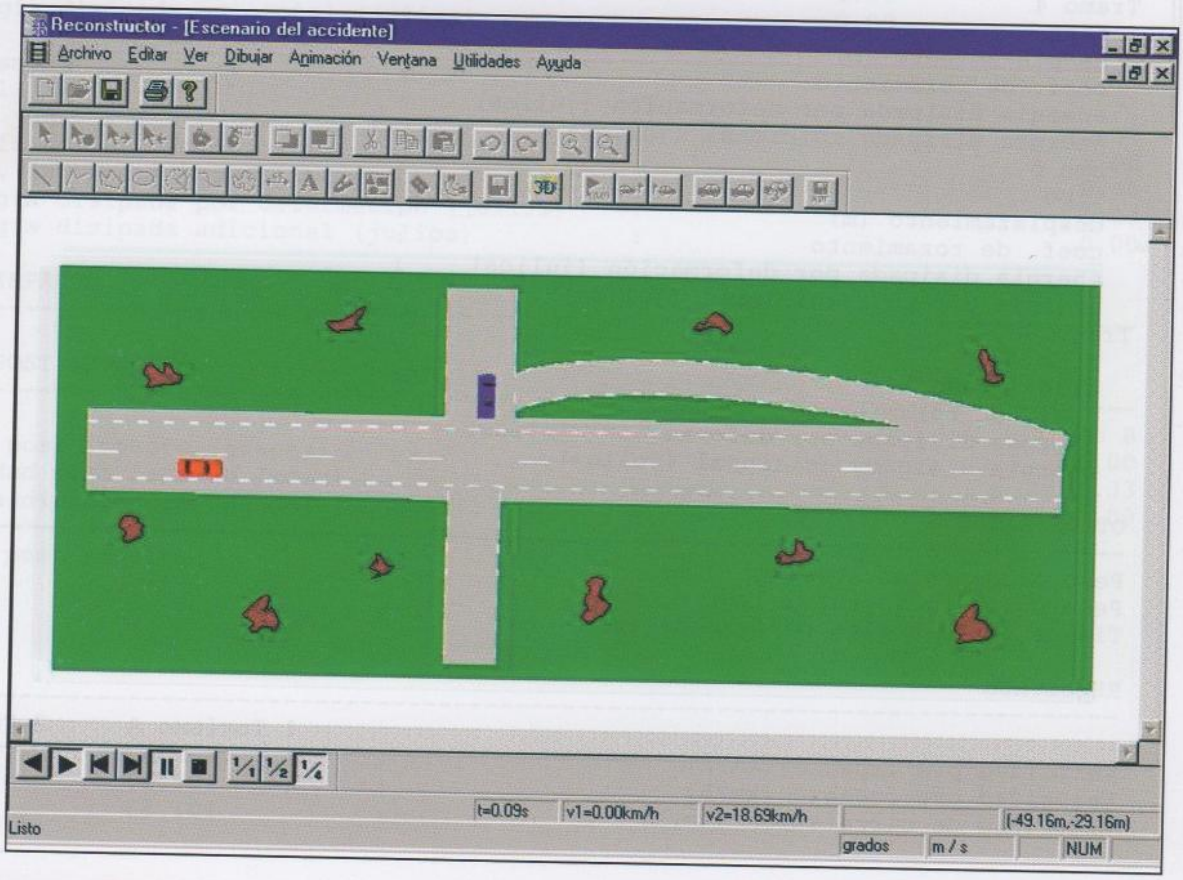
RESULTADO

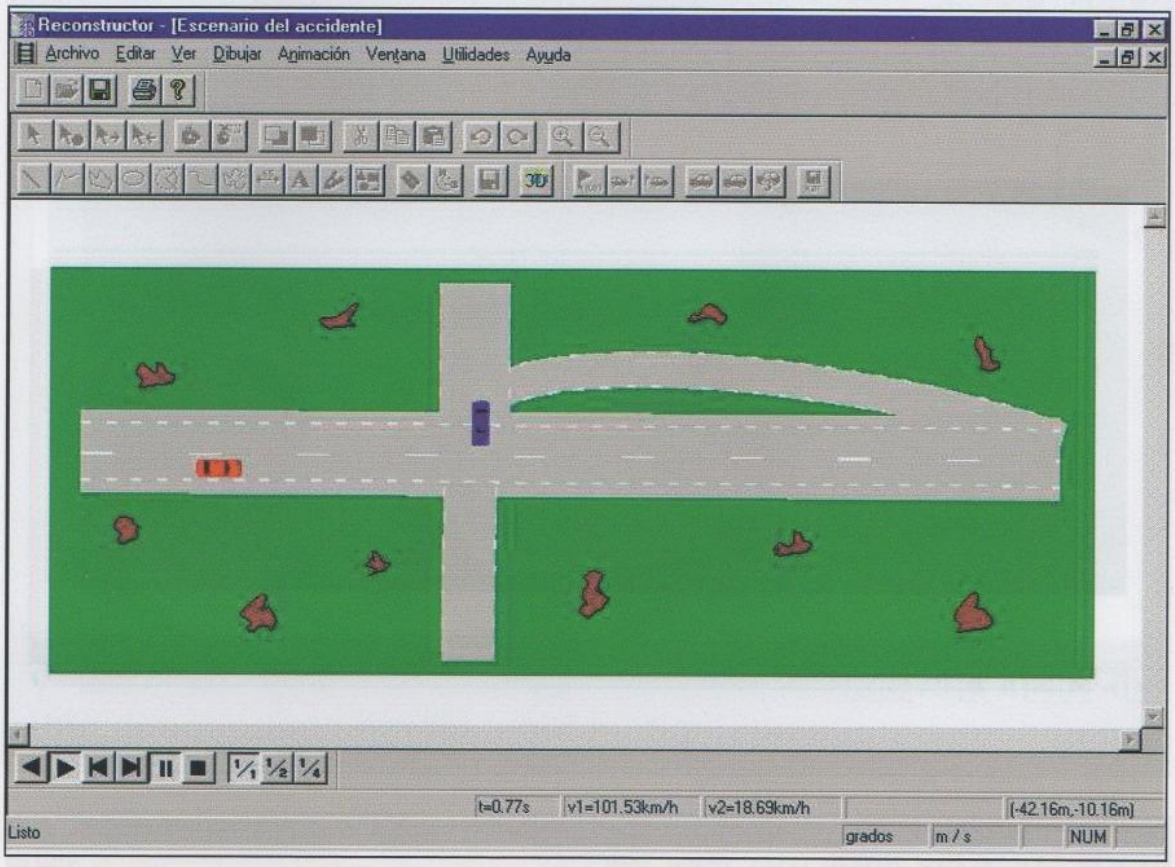
| | | 1 Turismo A | 2 Turismo B |
|---|---|---|---|
| Velocidad pre impacto (km/h) | : | 101.53 | 18.69 |
| Velocidad pre frenazo (km/h) | : | 101.53 | 18.69 |
| Velocidad de circulación (km/h) | : | 101.53 | 18.69 |

## Esquema angular

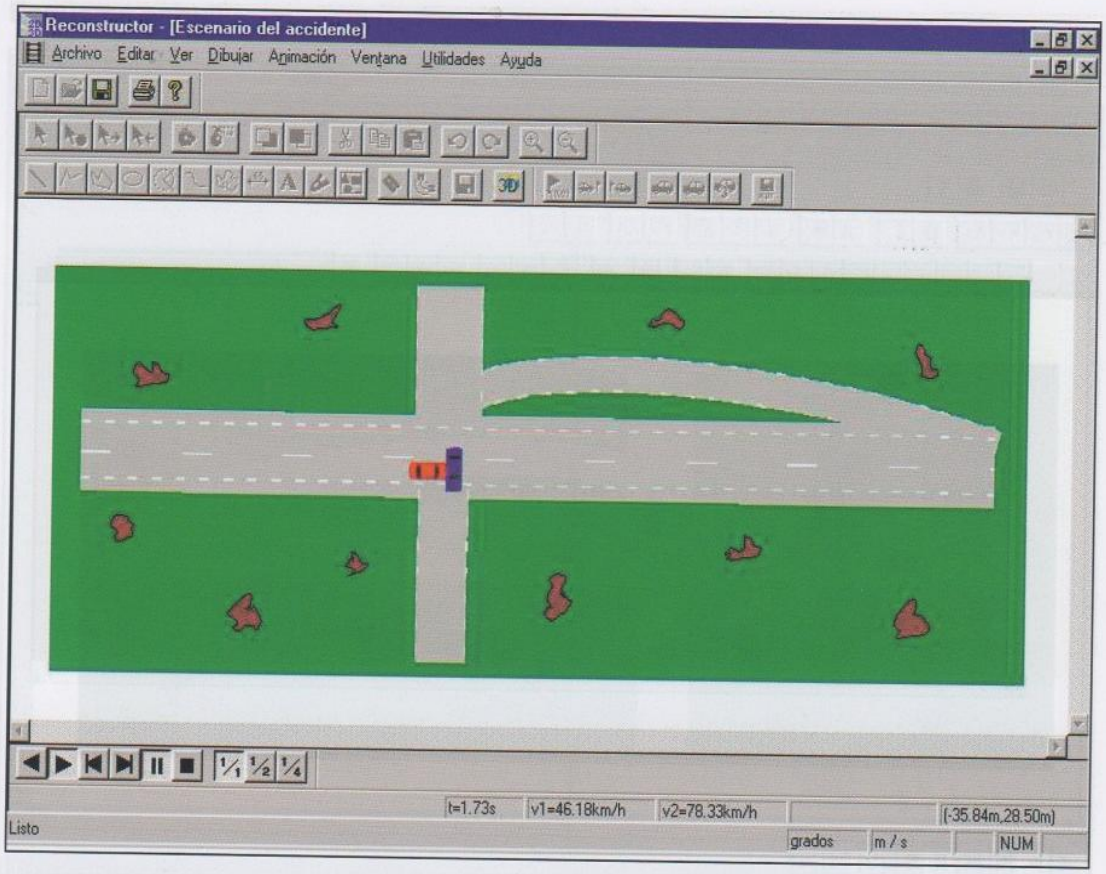


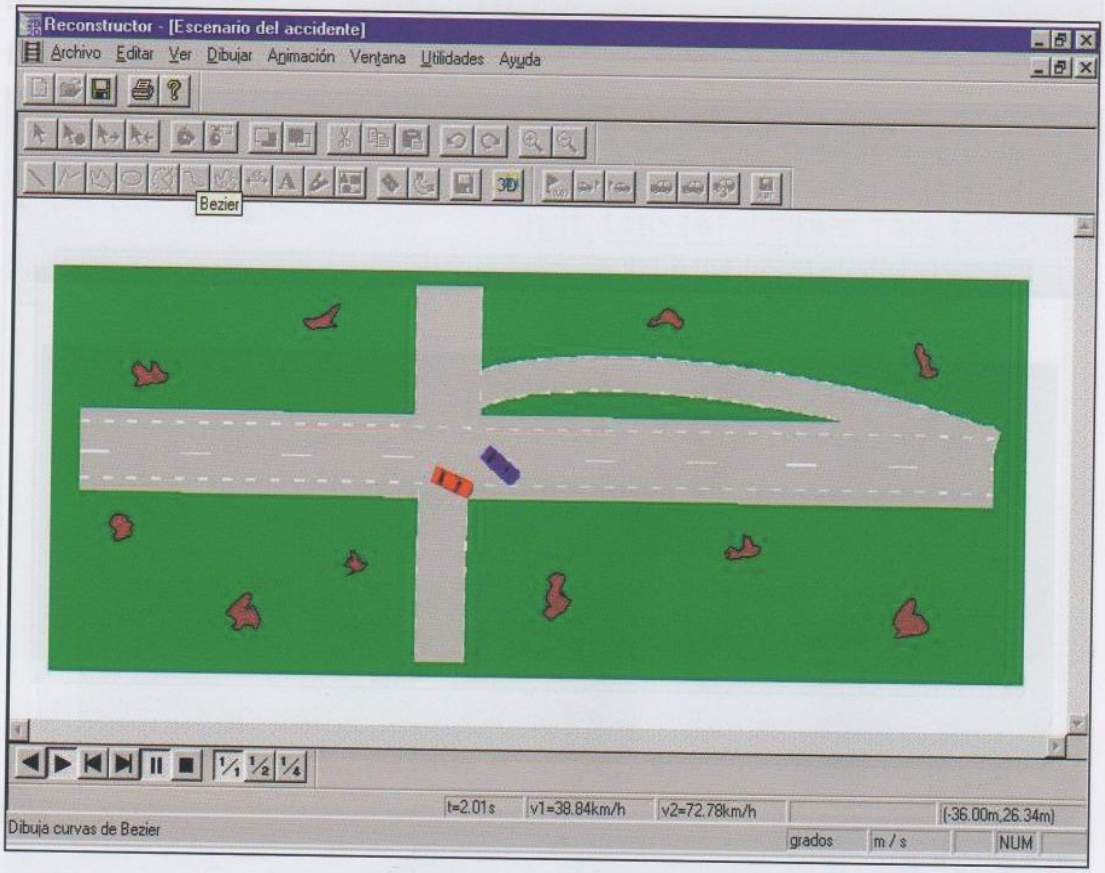

## Fotogramas del accidente




Reconstructor - [Escenario del accidente]
Archivo Editar Ver Dibujar Animación Ventana Utilidades Ayuda
t=0.77s
v1=101.53km/h
v2=18.69km/h
(-42.16m,-10.16m)
Listo
grados
m / s
NUM

Reconstructor - [Escenario del accidente]
Archivo Editar Ver Dibujar Animación Ventana Utilidades Ayuda
t=1.33s
v1=101.53km/h
v2=18.69km/h
(-41.00m,21.16m)
Listo
grados
m / s
NUM


Reconstructor - [Escenario del accidente]
Archivo Editar Ver Dibujar Animación Ventana Utilidades Ayuda
t=1.73s
v1=46.18km/h
v2=78.33km/h
(-35.84m,28.50m)
Listo
grados
m / s
NUM


Reconstructor - [Escenario del accidente]
Archivo Editar Ver Dibujar Animación Ventana Utilidades Ayuda
Bezier
t=2.01s
v1=38.84km/h
v2=72.78km/h
(-36.00m,26.34m)
Dibuja curvas de Bezier
grados
m / s
NUM

Reconstructor - [Escenario del accidente]
Archivo Editar Ver Dibujar Animación Ventana Utilidades Ayuda
3D
t=2.45s
v1=27.31km/h
v2=64.26km/h
(-35.34m,13.66m)
Listo
grados
m / s
NUM

## 10.2.2. Colisión entre turismo y tractor

**INFORME TÉCNICO** del accidente ocurrido en la carretera nacional II, término de Malgrat de Mar, entre turismo y tractor.

Colisión del vehículo turismo que circulaba por su carril derecho contra un tractor con remolque, que se acercaba en sentido contrario y efectúa un cambio de dirección, invadiendo el otro carril. El turismo deja unas huellas de frenada en la carretera de 53,6 m, antes de chocar contra el tractor. Tras la colisión, el vehículo arrastra al tractor 7 m desde el punto de impacto hasta la posición final.

### OBJETO DEL INFORME

El presente informe pretende determinar la velocidad que llevaba el turismo al aparecer por el cambio de rasante, situado a 150 m del lugar del accidente.

### CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS

TURISMO

- Masa del vehículo: 850 kg
- Dos ocupantes adultos: 150 kg
- Neumáticos en buen estado.

TRACTOR

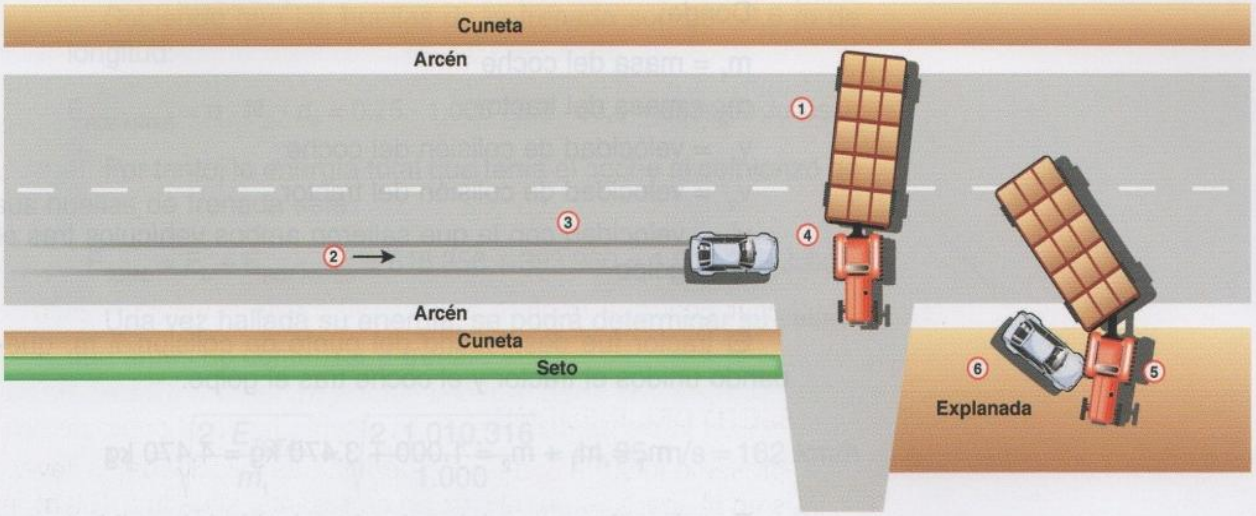
- Masa (sin remolque): 3.470 kg

### DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL ACCIDENTE

- Carretera seca, con aglomerado asfáltico en buen estado y seco.
- Existencia de un cambio de rasante sin visibilidad a 150 m del lugar de la colisión, en el sentido del que procedía el turismo.
- Huellas de frenada del turismo en la carretera: 53,6 m.
- Desplazamiento del vehículo de, aproximadamente, 7 metros desde el momento de producirse la colisión (según el croquis de la Guardia Civil).

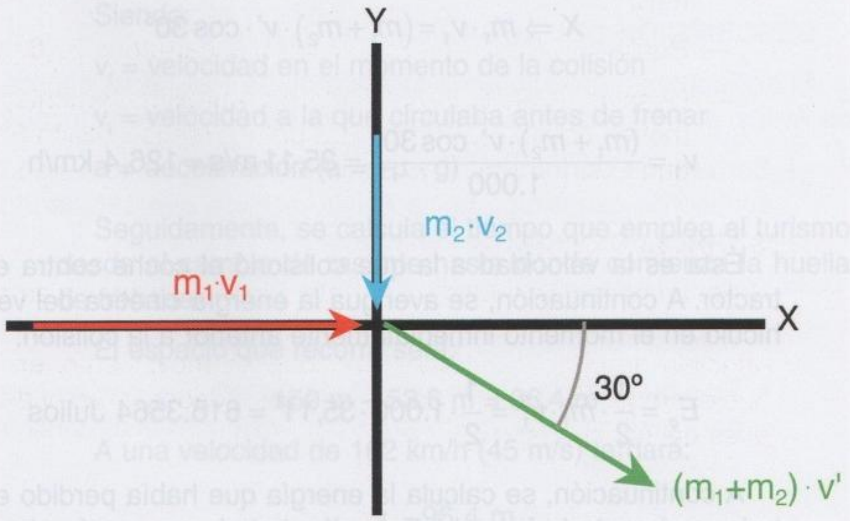
### DESARROLLO TÉCNICO

Se comenzarán los cálculos determinando la velocidad de colisión del coche contra el tractor. Para ello, se aplicará el principio de conservación de cantidad de movimiento, en el que el producto de las masas por las velocidades, antes y después del choque, son iguales.




1. Sentido en el que circulaba el tractor y supuesta trayectoria seguida por su conductor al efectuar el cambio de dirección a la izquierda.
2. Sentido en el que circulaba el turismo.
3. Huellas de frenada dejadas sobre el pavimento por el turismo.
4. Lugar de la colisión.
5. Posición final del tractor.
6. Posición final del turismo.

Croquis del accidente.



Donde:

$m_1$ = masa del coche
$m_2$ = masa del tractor
$v_1$ = velocidad de colisión del coche
$v_2$ = velocidad de colisión del tractor
$v'$ = velocidad con la que salieron ambos vehículos tras el golpe

El tractor fue desplazado del punto de colisión 7 m, quedando unidos el tractor y el coche tras el golpe.

$$m_T = m_1 + m_2 = 1.000 + 3.470 \text{ kg} = 4.470 \text{ kg}$$

En primer lugar, se determina la velocidad de salida tras el golpe (v´):

$$E_{ROZ\ DESPUÉS} = u \cdot N_T \cdot l = 0{,}6 \cdot 4.470 \cdot 9{,}81 \cdot 7 = 184.173 \text{ Julios}$$

u = coeficiente de rozamiento
$N_T$ = componente normal del peso del coche y del tractor
l = desplazamiento desde el punto de colisión hasta la posición final del tractor

$$E_{ROZ\ DESPUÉS} = \frac{1}{2} \cdot m_T \cdot v'^2$$

$$v' = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{ROZ\ DESPUÉS}}{m_T}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 184.173}{4.470}} = 9{,}07 \text{ m/s} = 32{,}68 \text{ km/h}$$

Posteriormente, se aplica la cantidad de movimiento sobre el eje X:

$$X \Rightarrow m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v' \cdot \cos 30°$$

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v' \cdot \cos 30°}{1.000} = 35{,}11 \text{ m/s} = 126{,}4 \text{ km/h}$$

Ésta es la velocidad a la que colisionó el coche contra el tractor. A continuación, se averigua la energía cinética del vehículo en el momento inmediatamente anterior a la colisión:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.000 \cdot 35{,}11^2 = 616.3564 \text{ Julios}$$

A continuación, se calcula la energía que había perdido el turismo durante la frenada. Esta cifra habrá que sumársela a la energía cinética del vehículo justo antes de la colisión.

Sabiendo que las huellas de la frenada son de 53,6 m de longitud:

$$E_{ROZ\ ANTES} = u \cdot N_2 \cdot d_2 = 0{,}75 \cdot 1.000 \cdot 9{,}8 \cdot 53{,}6 = 393.960 \text{ Julios}$$

Por tanto, la energía total que tenía el coche al comienzo de sus huellas de frenada será:

$$E_{TOTAL} = E_c + E_{ROZ\ ANTES} = 616.356 + 393.960 = 1.010.316 \text{ Julios}$$

Una vez hallada su energía, se podrá determinar su velocidad antes de comenzar a frenar:

$$v_{1c} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{TOTAL}}{m_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.010.316}{1.000}} = 44{,}95 \text{ m/s} = 162 \text{ km/h}$$

El turismo circulaba a una velocidad aproximada de 162 km/h.

Según los informes de la Guardia Civil, había un cambio de rasante a 150 m del lugar de la colisión. Conociendo que la velocidad a la que circulaba el turismo es de 162 km/h (45 m/s), se puede determinar cuánto tiempo tardó el turismo en llegar desde el cambio de rasante hasta el punto de colisión.

El tiempo que emplea el turismo en la frenada de 53,6 m será:

$$\frac{v_f - v_i}{t_1} = a$$

despejando $t_1$, se tiene:

$$t_1 = \frac{v_f - v_i}{-\mu \cdot g} = \frac{35{,}11 - 44{,}95}{-0{,}75 \cdot 9{,}81} = 1{,}33 \text{ s}$$

Siendo:

$v_f$ = velocidad en el momento de la colisión

$v_i$ = velocidad a la que circulaba antes de frenar

$a$ = deceleración ($a = -\mu \cdot g$)

Seguidamente, se calcula el tiempo que emplea el turismo desde el cambio de rasante hasta donde comienza la huella de frenada.

El espacio que recorre será:

150 m – 53,6 m = 96,4 m

A una velocidad de 162 km/h (45 m/s) tardará:

$$t_2 = \frac{s}{v} = \frac{96{,}4 \text{ m}}{45 \text{ m/s}} = 2{,}14 \text{ s}$$

Luego el tiempo total empleado por el turismo desde que aparece por el cambio de rasante hasta el punto de colisión será:

$$t_T = t_1 + t_2 = 1{,}33 \text{ s} + 2{,}14 \text{ s} = 3{,}47 \text{ s}$$

**CONCLUSIONES**

El turismo circulaba por el cambio de rasante a una velocidad aproximada de 162 km/h. A dicha velocidad, tarda 3,47 s en trasladarse desde la cresta del cambio de rasante hasta el punto de colisión, situado a 150 m.

Técnicamente, es perfectamente posible que el tractor iniciara la maniobra de giro antes de que el turismo apareciera por el cambio de rasante, ya que el turismo sólo necesitó 3,47 segundos para alcanzar al tractor en su lado derecho, a la altura de la cabina.

## 10.2.3. Colisión entre turismo y motocicleta

**INFORME TÉCNICO** del accidente de circulación ocurrido en la avenida de La Paz de la localidad de Avilés, provincia de Asturias, consistente en una colisión frontal lateral entre un vehículo turismo y una motocicleta.

**OBJETO DEL INFORME**

El presente informe tiene por objeto determinar las velocidades de circulación de los vehículos implicados en el accidente. Los datos necesarios para su elaboración se han obtenido del atestado instruido por la Policía Local de Avilés. Los cálculos realizados se basan en fórmulas y principios de física general.

**DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL ACCIDENTE**

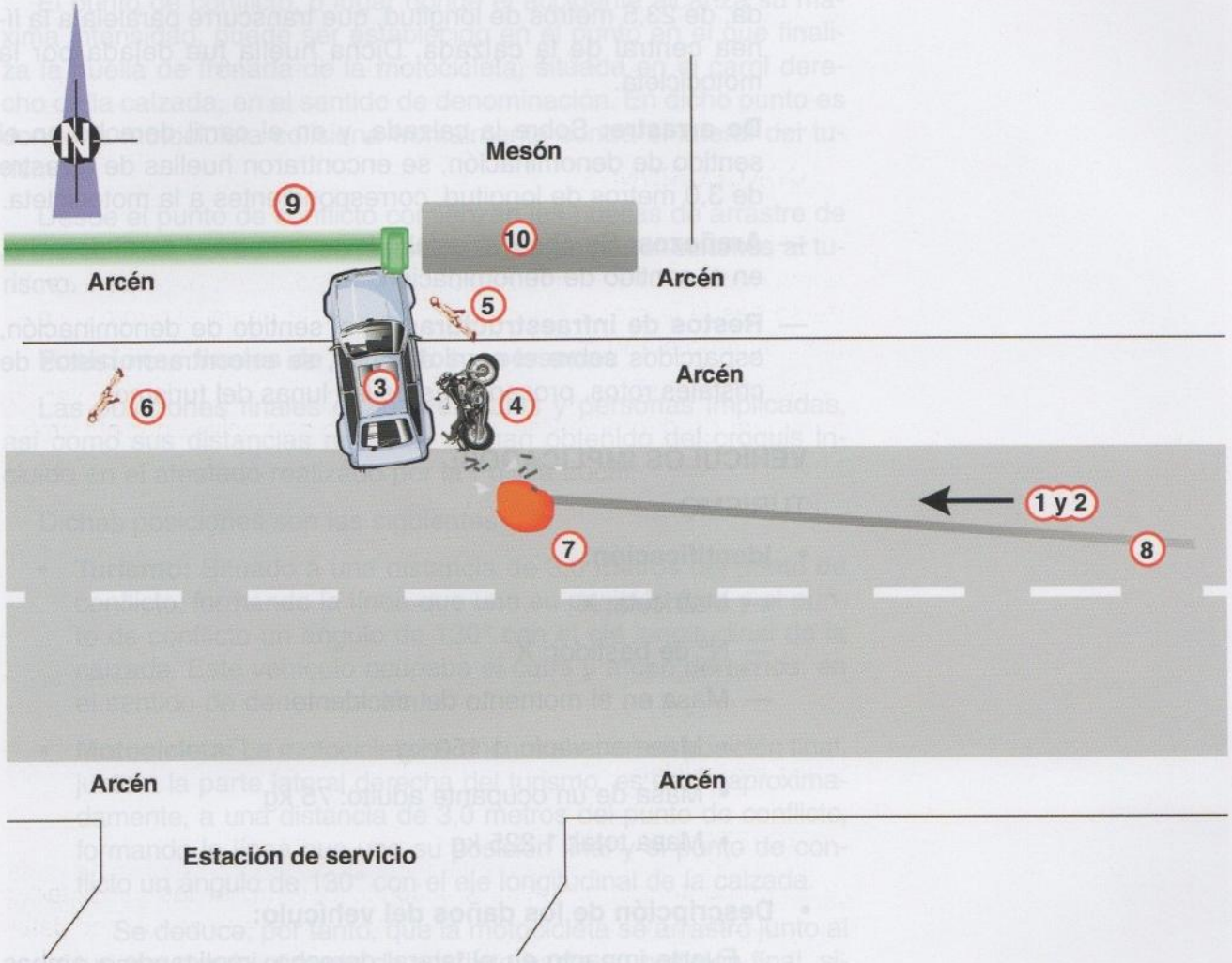
El accidente se produjo en la avenida de La Paz de la localidad de Avilés, provincia de Asturias, a la altura del punto kilométrico X.

— **Sentido de denominación:** Se realiza el estudio tomando el sentido de circulación hacia Avilés, sentido que seguían los dos vehículos implicados en el accidente.

— **Características de la vía:**

- Clase: Avenida.
- Tipo de calzada: Doble sentido de circulación, con un carril para cada sentido, delimitados por línea central discontinua y por aceras.
- Anchura de la calzada: 5,80 metros, medidos desde los bordes de las aceras que la delimitan.

- Anchura de las aceras: 1,5 metros en el lado derecho y 2,5 metros en el izquierdo.




(1) y (2) Dirección del turismo y de la motocicleta.

(3) Posición final del turismo.

(4) Posición final de la motocicleta.

(5) Conductor de la motocicleta (fallecido).

(6) Acompañante de la motocicleta (herida).

(7) Aglomerado levantado por el impacto de la motocicleta, cristales y sangre.

(8) Frenada de la motocicleta.

(9) Seto.

(10) Rampa de acceso al mesón.

Croquis.

## HUELLAS Y VESTIGIOS

— **De frenada:** Sobre la calzada, y en el carril derecho en el sentido de denominación, se encontró una única huella de frenada, de 23,5 metros de longitud, que transcurre paralela a la línea central de la calzada. Dicha huella fue dejada por la motocicleta.

— **De arrastre:** Sobre la calzada, y en el carril derecho en el sentido de denominación, se encontraron huellas de arrastre de 3,0 metros de longitud, correspondientes a la motocicleta.

— **Arañazos:** Se observó asfalto levantado en el carril derecho, en el sentido de denominación.

— **Restos de infraestructura:** En el sentido de denominación, esparcidos sobre el carril derecho, se encontraron restos de cristales rotos, procedentes de las lunas del turismo.

## VEHÍCULOS IMPLICADOS:

TURISMO

- **Identificación:**
  - — Matrícula: X
  - — N° de bastidor: X
  - — Masa en el momento del accidente:
    - Masa en vacío: 1.150 kg
    - Masa de un ocupante adulto: 75 kg
    - Masa total: 1.225 kg

- **Descripción de los daños del vehículo:**

Fuerte impacto en el lateral derecho, implicando a ambas puertas, estribo y pilar de dicho lado, así como al techo y a la luna parabrisas.

MOTOCICLETA

- **Identificación:**
  - — Matrícula: Y
  - — N° de bastidor: Y
  - — Masa en el momento del accidente:
    - Masa en vacío: 180 kg
    - Masa de dos ocupantes adultos: 150 kg
    - Masa total: 330 kg

- **Descripción de los daños del vehículo:**

Fuerte impacto frontal, implicando a la rueda delantera, horquilla, manillar, faros y carenado, entre otros elementos.

## ESTUDIO TÉCNICO DEL ACCIDENTE

### Establecimiento del punto de conflicto

El punto de conflicto, o lugar donde el accidente alcanza su máxima intensidad, puede ser establecido en el punto en el que finaliza la huella de frenada de la motocicleta, situada en el carril derecho de la calzada, en el sentido de denominación. En dicho punto es donde la motocicleta colisiona frontalmente contra el lateral del turismo.

Desde el punto de conflicto comienzan las huellas de arrastre de la motocicleta, así como los restos de cristales pertenecientes al turismo.

### Posiciones finales de vehículos y personas

Las posiciones finales de los vehículos y personas implicadas, así como sus distancias relativas, se han obtenido del croquis incluido en el atestado realizado por la Policía Local.

Dichas posiciones son las siguientes:

- **Turismo:** Situado a una distancia de 3,0 metros del punto de conflicto, formando la línea que une su posición final y el punto de conflicto un ángulo de 130° con el eje longitudinal de la calzada. Este vehículo ocupaba el carril y arcén derechos, en el sentido de denominación.
- **Motocicleta:** La motocicleta se encontraba, en su posición final, junto a la parte lateral derecha del turismo, es decir, aproximadamente, a una distancia de 3,0 metros del punto de conflicto, formando la línea que une su posición final y el punto de conflicto un ángulo de 130° con el eje longitudinal de la calzada.

  Se deduce, por tanto, que la motocicleta se arrastró junto al turismo desde el punto de conflicto hasta su posición final, siguiendo ambos vehículos la misma trayectoria.
- **Conductor de la motocicleta:** El cuerpo del conductor quedó entre los dos vehículos. Por lo tanto, se ubica, aproximadamente, a la misma distancia que éstos respecto del punto de conflicto.
- **Acompañante de la motocicleta:** La acompañante que viajaba en la motocicleta saltó por encima del turismo en el momento del impacto, cayendo a una distancia aproximada de 9 metros respecto del punto de conflicto. La línea que une su posición final y el punto de conflicto forma un ángulo de 165° con el eje longitudinal de la calzada.

### Cálculo de las velocidades poscolisión

Las velocidades a las que abandonaron el punto de conflicto las personas y los vehículos implicados justo después de la colisión pueden ser calculadas sobre la base de la física general, como se indica a continuación.

- **Turismo y motocicleta**

Ambos vehículos, así como el conductor de la motocicleta, describieron la misma trayectoria desde el punto de conflicto, por lo que se puede deducir que su velocidad poscolisión fue la misma.

Para su cálculo, se realiza un balance energético, igualando la energía cinética debida a dicha velocidad a la energía disipada en el movimiento de traslación:

$$E_c = E_r$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot (m_t + m_{m1}) \cdot v'_{t+m}$$

$$E_r = \mu \cdot (m_t + m_{m1}) \cdot g \cdot l$$

Donde:

$E_c$ = Energía cinética

$E_r$ = Energía de rozamiento

$m_t$ = Masa del turismo más la de un ocupante adulto (1.225 kg)

$m_{m1}$ = Masa de la motocicleta más un ocupante adulto (255 kg)

$v'_{t+m}$ = Velocidad poscolisión de ambos vehículos

g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s$^2$)

l = Distancia recorrida por los vehículos hasta su posición final (3 m)

m = Coeficiente de rozamiento correspondiente al arrastre de los vehículos sobre asfalto seco (0,5)

Igualando ambas expresiones y sustituyendo los valores de cada variable, se obtiene el siguiente valor para la velocidad poscolisión de los vehículos:

$$v'_{t+m} = 5,42 \text{ m/s} \Rightarrow 19,5 \text{ km/h}$$

- **Acompañante de la motocicleta**

La acompañante de la motocicleta saltó por encima del turismo, quedando a unos 9 metros del punto de conflicto. Para el cálculo de su velocidad poscolisión, se puede emplear la fórmula cinemática relativa al tiro parabólico, que relaciona velocidad y alcance:

$$v'_{ac} = \sqrt{\frac{d \cdot g}{sen2\alpha}}$$

Donde:

d = Distancia desde el punto de conflicto hasta la posición final de la acompañante (9 m).

$\alpha$ = Ángulo de salida (se considera el ángulo para el alcance máximo, de valor 45°).

g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

Sustituyendo los valores de cada variable, se obtiene la siguiente velocidad poscolisión de la acompañante de la motocicleta:

$$v'_{ac} = 9{,}40 \text{ m/s} \Rightarrow 33{,}83 \text{ km/h}$$

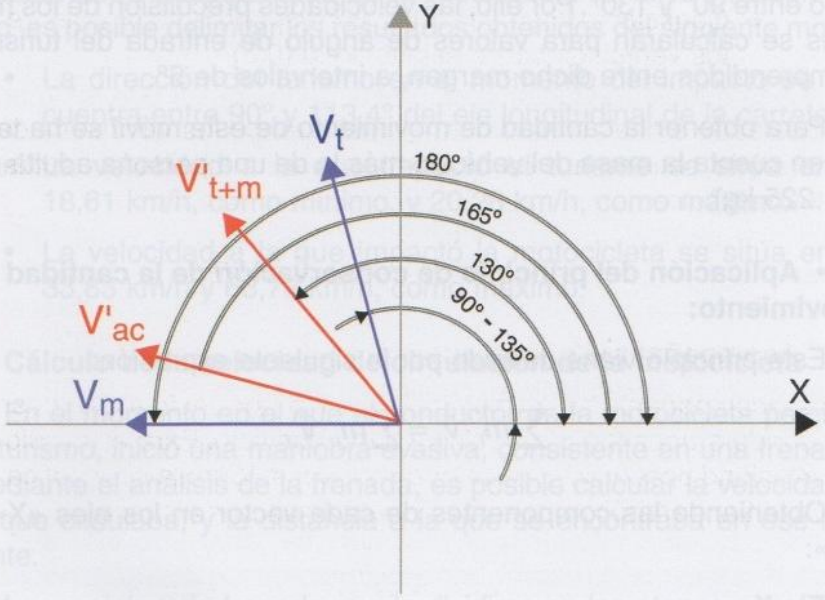
Por lógica, la velocidad precolisión de la motocicleta (velocidad a la que impactó contra el turismo) debe alcanzar un valor igual o superior a $v'_{ac}$.

### Cálculo de las velocidades precolisión

Las velocidades a las que impactaron los vehículos pueden ser calculadas sobre la base de la aplicación del *Principio de conservación de la cantidad de movimiento,* empleando las velocidades poscolisión obtenidas en el apartado anterior.

- **Esquema angular de las velocidades:**

En el siguiente gráfico, se detallan los vectores que representan las velocidades precolisión y postcolisión de los móviles implicados. Para ello, se ha tomado un sistema de ejes cartesiano, cuyo eje «X» coincide con la línea longitudinal de la calzada.




***Velocidad poscolisión del conjunto turismo y motocicleta ($v'_{t+m}$)***

Ambos móviles abandonan el punto de conflicto a la misma velocidad, cuyo valor, calculado anteriormente, es de 5,42 m/s. El ángulo que define la dirección del vector es 130°.

Para obtener la cantidad de movimiento de estos móviles se ha tenido en cuenta la masa del turismo más un ocupante adulto

($m_t$ = 1.225 kg), y la masa de la motocicleta más un ocupante adulto ($m_{m1}$ = 255 kg).

***Velocidad poscolisión del acompañante de la motocicleta ($v'_{ac}$)***

El acompañante de la motocicleta salta por encima del turismo a una velocidad de 9,4 m/s. El ángulo que define la dirección del vector es 165°.

Para obtener la cantidad de movimiento de este móvil se ha tenido en cuenta la masa de una persona adulta ($m_{ac}$ = 75 kg).

***Velocidad precolisión de la motocicleta ($V_m$)***

El ángulo que define la dirección de este vector es 180°, ya que la huella de frenada de la motocicleta transcurre paralela a la línea longitudinal de la calzada.

Para obtener la cantidad de movimiento de este móvil se ha tenido en cuenta la masa de la motocicleta más la de dos personas adultas. ($m_{m2}$ = 330 kg).

***Velocidad precolisión del turismo ($V_t$)***

No se conoce con exactitud la dirección que llevaba el turismo en el momento de la colisión, aunque, a la vista de los daños que presenta (localizados en su lateral derecho), puede deducirse que el ángulo que define la dirección de su vector velocidad está comprendido entre 90° y 130°. Por ello, las velocidades precolisión de los móviles se calcularán para valores de ángulo de entrada del turismo comprendidos entre dicho margen, a intervalos de 5°.

Para obtener la cantidad de movimiento de este móvil se ha tenido en cuenta la masa del vehículo más la de una persona adulta ($m_t$ = 1.225 kg).

- **Aplicación del principio de conservación de la cantidad de movimiento:**

Este principio viene definido por la siguiente expresión:

$$\sum m_i \cdot \vec{v}_i = \sum m_i \cdot \vec{v}'_i$$

Obteniendo las componentes de cada vector en los ejes «X» e «Y»:

**Eje X:**

$$m_{m2} \cdot v_m \cdot \cos 180° + m_t \cdot v_t \cdot \cos\beta =$$
$$= (m_t + m_{m2}) \cdot v'_{t+m} \cdot \cos 130° + m_{ac} \cdot v'_{ac} \cdot \cos 165°$$

**Eje Y:**

$$m_{m2} \cdot v_m \cdot \operatorname{sen} 180° + m_t \cdot v_t \cdot \operatorname{sen}\beta =$$
$$= (m_t + m_{m2}) \cdot v'_{t+m} \cdot \operatorname{sen} 130° + m_{ac} \cdot v'_{ac} \cdot \operatorname{sen} 165°$$

Sustituyendo los valores de las variables, y resolviendo el sistema de ecuaciones para valores del ángulo β comprendidos entre 90° y 130°, en intervalos de 5°, se obtienen los valores de velocidades precolisión, que se muestran en el siguiente cuadro:

| Ángulo de colisión del turismo | Velocidad precolisión del turismo | | Velocidad precolisión de la motocicleta | |
|---|---|---|---|---|
| (Grados) | (m/s) | (km/h) | (m/s) | (km/h) |
| 90 | 5,17 | 18,61 | 17,70 | 63,73 |
| 95 | 5,19 | 18,68 | 16,02 | 57,68 |
| 100 | 5,25 | 18,90 | 14,32 | 51,54 |
| 105 | 5,35 | 19,27 | 12,56 | 45,21 |
| 110 | 5,50 | 19,81 | 10,72 | 38,58 |
| 113,4 | 5,63 | 20,28 | 9,40 | 33,83 |
| 115 | 5,70 | 20,53 | 8,75 | 31,51 |
| 120 | 5,97 | 21,49 | 6,62 | 23,84 |
| 125 | 6,31 | 22,72 | 4,26 | 15,35 |
| 130 | 6,75 | 24,29 | 1,60 | 5,76 |

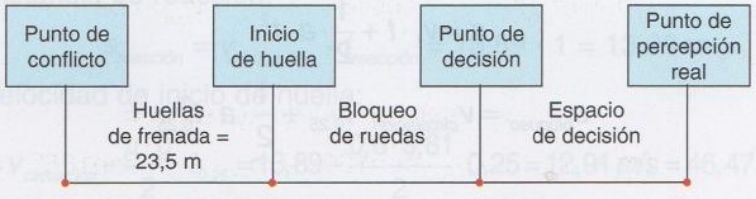
Tal y como se indicó anteriormente, la velocidad precolisión de la motocicleta no puede ser inferior en ningún caso a la velocidad poscolisión de la acompañante de la motocicleta (9,40 m/s). Debido a ello, es posible delimitar los resultados obtenidos del siguiente modo:

- La dirección del turismo en el momento del impacto se encuentra entre 90° y 113,4° del eje longitudinal de la carretera.
- La velocidad a la que impactó el turismo se sitúa entre 18,61 km/h, como mínimo, y 20,28 km/h, como máximo.
- La velocidad a la que impactó la motocicleta se sitúa entre 33,83 km/h y 63,73 km/h, como máximo.

### Cálculo de la velocidad de circulación de la motocicleta

En el momento en el que el conductor de la motocicleta percibió al turismo, inició una maniobra evasiva, consistente en una frenada. Mediante el análisis de la frenada, es posible calcular la velocidad a la que circulaba, y la distancia a la que se encontraba en ese instante.

La maniobra de frenada puede dividirse en las etapas que se indican en el siguiente gráfico:



Para obtener la velocidad de la motocicleta en el momento en el que se inicia la huella ($v_{m\ ih}$) de frenada se realiza un balance energético, de tal manera que la energía cinética en ese punto debe ser la suma de la energía cinética en el momento de la colisión y la energía disipada durante los 23,5 metros que la motocicleta recorre con las ruedas bloqueadas.

$$E_{TOTAL} = E_{c\ colisión} + E_{ROZ\ ANTES}$$

Donde:

$$E_{TOTAL} = \frac{1}{2} \cdot m_{m2} \cdot v_{m\ ih}^2$$

$$E_{c\ colisión} = \frac{1}{2} \cdot m_{m2} \cdot v_m^2$$

$$E_{ROZ\ ANTES} = \mu \cdot g \cdot m_{m2} \cdot d_h$$

Siendo:

$\mu$ = Coeficiente de rozamiento de la frenada, de valor 0,8

$d_h$ = Longitud de la huella de frenada

De esta manera, se obtiene la expresión que proporciona la velocidad en el momento en el que se inicia la huella:

$$v_{m\ ih} = \sqrt{v_m^2 + 2 \cdot \mu \cdot g \cdot d_h}$$

Desde que el conductor acciona los frenos hasta que las ruedas se bloquean completamente, transcurren, según diversos estudios, 0,25 segundos, durante los cuales la motocicleta se encuentra sometida aproximadamente a una deceleración de valor:

$$a = -\frac{\mu \cdot g}{2}$$

Para obtener la velocidad a la que venía circulando la motocicleta, se aplicará la siguiente expresión cinemática:

$$v_f = v_i + a \cdot t$$

$$v_{circulación} = v_{m\ ih} - a \cdot t_{0,25}$$

La distancia que recorre la motocicleta desde que su conductor acciona el freno hasta que se bloquean las ruedas viene dada por la siguiente expresión cinemática:

$$s = v_i \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$s_{bloqueo} = v_{circulación} \cdot t_{0,25} + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_{0,25}^2$$

Para calcular la distancia que recorre la motocicleta, desde que su conductor percibe al turismo hasta que acciona los frenos, se tomará un tiempo de reacción de 1 segundo, que es el tiempo medio para una persona en plenas facultades físicas. Además, se supondrá que, durante esta etapa, la velocidad de circulación de la motocicleta permanece constante. De este modo, el espacio recorrido durante la reacción es:

$$s_{reacción} = v_{circulación} \cdot t_{reacción}$$

La distancia a la que se encontraba la motocicleta del punto de conflicto en el momento en el que percibe al turismo será la suma de la longitud de la huella de la frenada, del espacio recorrido durante el bloqueo de las ruedas y del espacio de decisión:

$$s_{TOTAL} = s_{huella} + s_{bloqueo} + s_{reacción}$$

En el siguiente cuadro se muestran la velocidad de circulación y la distancia hasta el punto de colisión, en función de los valores calculados en el apartado anterior.

| Velocidad de circulación de la motocicleta | | Velocidad precolisión de la motocicleta | | distancia al punto de colisión de la motocicleta |
|---|---|---|---|---|
| (m/s) | (km/h) | (m/s) | (km/h) | (metros) |
| 27,10 | 97,56 | 17,70 | 63,73 | 57,13 |
| 25,99 | 93,57 | 16,02 | 57,68 | 55,99 |
| 24,94 | 89,77 | 14,32 | 51,54 | 54,67 |
| 23,93 | 86,14 | 12,56 | 45,21 | 53,41 |
| 22,97 | 82,71 | 10,72 | 38,58 | 52,22 |
| 22,36 | 80,50 | 9,40 | 33,83 | 51,45 |

Por tanto, la motocicleta circulaba a una velocidad mínima de 80,50 km/h y máxima de 97,56 km/h. Así mismo, se encontraba a una distancia de entre 51,45 m y 57,13 m cuando su conductor percibe al turismo.

**Distancia que habría recorrido la motocicleta hasta detenerse, si hubiera circulado a 50 km/h (por producirse la colisión en una avenida).**

En este apartado, se calculará la distancia que emplearía la motocicleta hasta detenerse completamente, si hubiera circulado a 50 km/h (13,89 m/s). Para ello, se realizarán las mismas operaciones que en el apartado anterior, pero en orden inverso.

Distancia de reacción:

$$s_{reacción} = v_{circulación} \cdot t_{reacción} = 13{,}89 \cdot 1 = 13{,}89 \text{ m}$$

Velocidad de inicio de huella:

$$v_{ih} = v_{circulación} - \frac{\mu \cdot g}{2} \cdot t_{0,25} = 13{,}89 - \frac{0{,}8 \cdot 9{,}81}{2} \cdot 0{,}25 = 12{,}91 \text{ m/s} = 46{,}47 \text{ km/h}$$

Distancia de bloqueo de ruedas:

$$s_{bloqueo} = v_{circulación} \cdot t_{0,25} + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_{0,25}^2 = 13,89 \cdot 0,25 + \frac{1}{2} \cdot \left( -\frac{0,8 \cdot 9,81}{2} \right) \cdot 0,25^2 = 3,35 \text{ m}$$

Longitud de huellas de frenada:

$$E_{c\ inicio\ huella} = E_{ROZ}$$

$$E_{c\ inicio\ huella} = \frac{1}{2} \cdot m_{m2} \cdot v_{ih}^2$$

$$E_{ROZ} = \mu \cdot g \cdot m_{m2} \cdot d_h$$

$$d_h = \frac{v_{ih}^2}{2 \cdot \mu \cdot g} = \frac{12,91^2}{2 \cdot 0,8 \cdot 9,81} = 10,62 \text{ m}$$

Por tanto, la distancia total que recorrería sería:

$$s_{TOTAL} = s_{huella} + s_{bloqueo} + s_{reacción} = 10,62 + 3,35 + 13,89 = 27,85 \text{ m}$$

Es decir, si la motocicleta hubiera circulado a 50 km/h en el momento en el que su conductor percibe al turismo, habría tenido espacio suficiente para detenerse y evitar la colisión.

## CONCLUSIONES

- La velocidad a la que impactó la motocicleta contra el turismo se sitúa entre 33,83 km/h, como mínimo, y 63,73 km/h, como máximo.
- La velocidad a la que circulaba la motocicleta cuando percibe al turismo se sitúa entre 80,50 km/h, como mínimo, y 97,56 km/h, como máximo.
- En el momento en el que el conductor de la motocicleta percibe al turismo, la motocicleta se encontraba entre 51,45 m y 57,13 m del punto de conflicto.
- Si la motocicleta hubiera circulado a 50 km/h, habría tenido espacio suficiente para detenerse completamente, evitando la colisión.

# 11 DEFENSA DEL INFORME TÉCNICO ANTE EL JUZGADO

## 11.1. Importancia jurídica del informe pericial

El dictamen o informe técnico pericial es un medio de prueba de gran trascendencia cuando, para la solución del caso litigioso, el juez precisa auxiliarse de conocimientos científicos o prácticos ajenos al conocimiento del derecho del que el juez es conocedor y aplicador.

Por tanto, tales conocimientos científicos o prácticos deben ser suministrados por expertos. Los titulares de estos conocimientos podrán ser personas físicas o jurídicas.

Inspección de un vehículo accidentado.

Suministrados tales conocimientos al juez, éste los somete a las reglas de la «sana crítica», según expresión de las leyes procesales. Tal «sana crítica» partirá de las siguientes premisas, que nunca pueden tomarse como obligatorias o imperativas:

1. Categoría del perito, por su alta cualificación (por ejemplo, catedrático cualificadísimo). Esto significa que prevalecerá,

normalmente, el dictamen pericial emitido por una autoridad científica y especializada sobre otro que no lo sea.

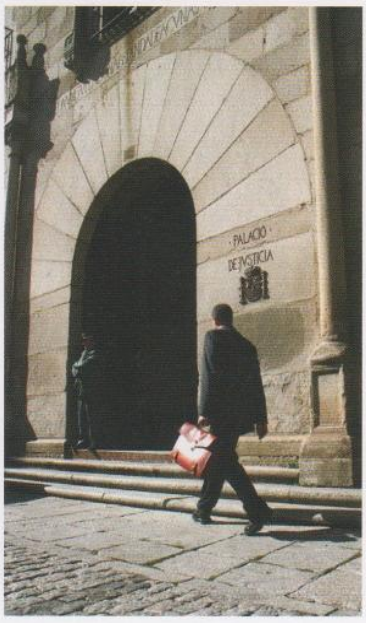
2. El origen de su nombramiento como perito, esto es, que haya sido nombrado jurídicamente o traído a instancia de parte. En este último caso, podrá pensarse que tal dictamen, de alguna manera, tratará de favorecer los intereses del que lo ha designado.
3. La exhaustividad del razonamiento (detallado, minucioso).
4. La coincidencia de un dictamen con otro que se hubiera emitido y/o su corroboración por otras pruebas que pudieran existir.

Por todo lo anterior, es aconsejable que el dictamen pericial sea emitido por verdaderos expertos en la materia, que razonen exhaustivamente en su informe todos los puntos de interés.

La nueva Ley de Enjuiciamiento Civil recoge como prueba pericial informes técnicos de reconstrucción realizados informáticamente.

## 11.2. El perito ante el juzgado

Una vez vista la importancia del informe pericial, se pueden determinar las pautas a seguir por el perito en su intervención ante el juzgado, puesto que, si bien su informe tiene importancia jurídica, el perito es una persona no experta o lego en derecho. Que no sea un experto en derecho es un extremo importante, por lo que aquello que se le pregunte debe estar claro y expuesto con un lenguaje lo más sencillo posible; si no es así, deberá preguntar a quien le interroga, las veces que sean necesarias, el significado de sus preguntas.



Juzgado.

### 11.2.1. La forma del dictamen pericial

Legalmente, no hay disposición o norma que recoja los extremos del informe pericial, pero la práctica judicial, analizada por la doctrina, ha indicado una serie de puntos que deben contener esta clase de informes:

- Presentación: informe y datos del perito (profesión, categoría y cargo que ostenta, así como títulos, diplomas o cualquier otro mérito profesional que posea). Obviamente, se trata de dejar constancia de que el perito es una persona preparada en la función que desempeña.
- Objeto del dictamen: en qué va a consistir la prueba.
- Estado de lo que se va a peritar: descripción del objeto de la pericia y estado en que se encuentra.
- Operaciones practicadas y sus resultados.

- Resumen y conclusión.
- Ilustración gráfica, como complemento del informe, mostrando lo explicado con mayor claridad, si cabe.

El informe pericial debe ser claro, conciso y preciso, debiendo gozar de plena objetividad, imparcialidad y precisión técnica.

**¿Cuándo comparece el perito?**

La Ley de Enjuiciamiento Civil establece el orden que sigue la práctica de la prueba, situando la práctica de la prueba pericial en tercer lugar después del interrogatorio de las partes y de los testigos. Así, dice que «salvo que el Tribunal, de oficio o a instancia de parte, acuerde otro distinto», las pruebas se practicarán en el juicio o vista por el orden siguiente:

1.º Interrogatorio de las partes.

2.º Interrogatorio de los testigos.

3.º Declaraciones de peritos sobre sus dictámenes o presentación de éstos, cuando excepcionalmente se hayan de admitir en ese momento.

4.º Reconocimiento judicial, cuando no se haya de llevar a cabo fuera de la sede del tribunal.

5.º Reproducción ante el tribunal de palabras, imágenes y sonidos captados mediante instrumentos de filmación, grabación y otros semejantes.

## 11.2.2. El perito como testigo

Dependiendo del momento procesal en el que se haya entregado el informe pericial como prueba documental, el perito será llamado y preguntado como testigo. Así lo disponen las sentencias del TS de 4 de junio de 1992 y de 9 de junio de 1987; no obstante, actualmente puede aportarse el informe pericial como tal en la mayoría de los casos.

Así, una vez convocado, según establece la Ley de Enjuiciamiento Civil, y contestadas las preguntas generales, el testigo será examinado por la parte que lo haya propuesto. Si hubiera sido propuesto por ambas partes, se comenzará por las preguntas que formule el demandante. El testigo responderá por sí mismo, de palabra, sin valerse de ningún borrador de respuestas. Si bien, cuando la pregunta se refiera a cuentas, libros o documentos, se permitirá que los consulten antes de responder.

En cada una de sus respuestas, el testigo expresará la razón por la que cree en lo que dice. Cuando el testigo posea conocimientos científicos, técnicos, artísticos o prácticos sobre la materia a que se refieran los hechos del interrogatorio, el tribunal admitirá las manifestaciones que, en virtud de dichos conocimientos, agregue el testigo a sus respuestas sobre los hechos.

En cuanto a dichas manifestaciones, las partes podrán hacer notar al tribunal la concurrencia de cualquiera de las circunstancias de tacha relacionadas en la misma ley.

Respecto al interrogatorio acerca de los hechos que consten en informes escritos, dice el artículo 380 de la nueva ley de Enjuiciamiento Civil que, cuando se hubieran aportado a los autos informes sobre hechos y éstos no hubieren sido reconocidos como ciertos por todas las partes a quienes pudieran perjudicar, se interrogará como testigos a los autores de dichos informes, de la manera establecida en la Ley de Enjuiciamiento Civil, con las siguientes reglas especiales:

1.º No procederá la tacha (exclusión) del testigo por razón de interés en el asunto, cuando el informe hubiese sido elaborado por encargo de una de las partes.

2.º El autor del informe, una vez acreditada su habilitación profesional, habrá de reconocerlo y ratificarse en su contenido, antes de que se le formulen las preguntas pertinentes.

3.º El interrogatorio se limitará a los hechos consignados en los informes.

Si los informes contuvieran también relaciones fundadas en conocimientos científicos, artísticos, técnicos o prácticos, el tribunal enjuiciará las manifestaciones que, en virtud de dichos conocimientos, agregue el testigo a sus respuestas.

### 11.2.3. La presencia de los peritos

El artículo 137 de la mencionada Ley de Enjuiciamiento Civil establece la presencia de los peritos en el acto del juicio en declaraciones, pruebas y vistas.

Así, dice:

1. «Los Jueces y los Magistrados miembros del tribunal que estén conociendo de un asunto presenciarán las declaraciones de las partes y de los testigos, los careos, las exposiciones, explicaciones y respuestas que hayan de ofrecer los peritos, así como la crítica oral de su dictamen y cualquier otro acto de prueba que, conforme a los dispuesto en esta ley, deba llevarse a cabo contradictoria y públicamente.
2. Las vistas y las comparecencias que tengan por objeto oír a las partes antes de dictar una resolución se celebrarán siempre ante el Juez o los Magistrados integrantes del tribunal que conozca el asunto.
3. La infracción de lo dispuesto en los apartados anteriores determinará la nulidad de pleno derecho de las correspondientes actuaciones».

Inicialmente, el Juez o Tribunal, con el fin de valorar la parcialidad o imparcialidad, preguntará en todos los casos, las denominadas «Generales de la Ley»:

1. Nombre, apellidos, edad, estado, profesión y domicilio.
2. Si ha sido o es cónyuge, pariente por consanguinidad o afinidad, y en qué grado, de alguno de los litigantes, sus abogados o procuradores, o se encuentra ligado a éstos por vínculos de adopción, tutela o análogos.
3. Si es o ha sido dependiente o está o ha estado al servicio de la parte que lo haya propuesto o de su procurador o abogado o ha tenido o tiene con ellos alguna relación susceptible de provocar intereses comunes o contrapuestos.
4. Si tiene interés directo o indirecto en el asunto o en otro semejante.
5. Si es amigo íntimo o enemigo de alguno de los litigantes o de sus procuradores o abogados.
6. Si ha sido condenado alguna vez por falso testimonio.

Ante el Juez o Tribunal se efectuará el interrogatorio para esclarecer aquello que no está lo suficientemente claro del informe, haciendo las preguntas que consideren oportunas al respecto.

Para cualquier especialista en una materia, lo expuesto en su dictamen de perito no presenta ninguna duda, pero no sucede lo mismo para quien lo desconoce. Por muy claro que se piense que está el dictamen, no significa que todo esté comprendido, puesto que los abogados o juristas se auxilian del perito por desconocer la materia técnica de que se trata.

El perito, inicialmente, debe presentar su dictamen dando respuesta clara, concisa y técnica de todo aquello que es objeto del informe sin dar posibilidad de que exista alguna duda. Si se consigue ese objetivo, la comparecencia puede resolverse en unos minutos, preguntando al perito si se afirma y ratifica en el contenido de su informe.

Las partes y el juez suelen preguntar acerca de la habitualidad o sencillez del caso o si, por el contrario, pueden existir dudas en las conclusiones, todo ello con el objetivo de obtener el nivel de fiabilidad en su ciencia en ese caso concreto.

Siempre hay que tener presente durante la declaración que el perito actúa como auxiliar de la justicia, contribuyendo con su deber, ciencia y conciencia a aclarar o esclarecer los hechos desde un punto de vista técnico. Su situación como técnico cualificado y persona honorable al servicio de la justicia hace razonable la aceptación del dictamen, aunque éste no sea vinculante, siempre que sus afirmaciones sean consecuencia de elementos objetivos de su ciencia o arte y que los tenga en cuenta aunque no se expongan extensamente pues, en ocasiones, extenderse mucho en la exposición confunde más que aclara. Las expresiones sintetizadas y claras son siempre bien acogidas.

En ocasiones, los peritos acuden a otros profesionales o expertos para completar sus informes (registros, fotografías, planos, etc.). Esta circunstancia no supone la necesaria presencia de estas personas en el acto del juicio, sino que será el propio perito el que deberá estar preparado y capacitado para informar adecuadamente del trabajo fundamental que han realizado esos expertos auxiliares para realizar su informe.

La función esencial del perito es conducir a la verdad según unos hechos, valiéndose de sus conocimientos técnicos.

La declaración del perito es parte del dictamen, debiendo ser preparada con cierta antelación a la comparecencia. Todo dictamen debe presentarse con todas las interrogantes resueltas.

Nunca se sabe ciertamente en qué sentido va a desarrollarse el interrogatorio, puesto que a veces se hace necesario interrogar al perito más a fondo de lo que se tenía previsto. Así, y siempre de forma cortés, se realizan preguntas que pretendan esclarecer los hechos o circunstancias poco claras o poco precisas en el informe presentado.

Si las preguntas no son claras y concretas, sobre algo esclarecedor que tenga relación directa con el objeto de la pericia, la pregunta será inútil. La práctica de la prueba será útil cuando se exponga de manera acertada, cuando se amplíe el dictamen o informe realizado, teniendo la exposición oral el mismo interés que el informe escrito.

### 11.2.4. Conclusión

Un interrogatorio correcto debe aclarar hechos o circunstancias dudosas, corregir errores de interpretación, aclarar los medios empleados y justificarlos, señalando las ventajas que ofrecen. En definitiva, se trata de señalar lo que se ha hecho, por qué se ha hecho así y qué es lo habitual en esos casos, aportando siempre los conocimientos técnicos oportunos.

Nunca se deben olvidar ni abandonar la corrección y los buenos modales. «Quien pierde las formas, pierde la razón».

# LEGISLACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA


— Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo. (B.O.E. núm. 306, de 23 diciembre 2003).

— Ley 19/2001, de 19 de diciembre, de reforma del texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por Real Decreto legislativo 339/1990, de 2 de marzo. (B.O.E. núm. 304, de 20 diciembre 2001).

— IC695 Norma 8.1-IC. Señalización Vertical. Ministerio de Fomento. Madrid, 2000.

— UNE 135 310: 1999 Señales metálicas de circulación. Placas embutidas y estampadas de chapa de acero galvanizada. Características y método de ensayo de la chapa.

— UNE 135 330:1998 Señalización vertical. Señales metálicas retrorreflectantes mediante láminas con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo.

— UNE 135 350: 1993 Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes por microesferas de vidrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retrorreflexión.

— Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, por el que se aprueba el Texto Artículado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad vial. (B.O.E. núm. 63, de 14 marzo de 1990).

— «Radiografía de un accidente». Revista Cesvimap, n.º 33. Págs. 35-37.

— Boletines informativos: Seguridad Vial. Cesvimap, 2002.

— *http://www.cesvimap.com/e04/Reconstructor.htm*
Página del programa de reconstrucción de accidentes de tráfico Reconstructor® 98 de Cesvimap.

— Manual de investigación de accidentes de tráfico. J. Stannard Baker y Lynn B. Fricke. Sictra Ibérica, Gijón, Asturias, 2002.

— Investigación de accidentes de tráfico. Academia de Tráfico de la Guardia Civil. Dirección General de Tráfico, Madrid, 1999.

— Accidentes de tráfico. Problemática e investigación. Miguel López Muñiz Goñi. Cólex, 1995.

— La reconstrucció de l'accident de trànsit. Generalitat de Catalunya. Institut Català de Seguretat Viària, Marcelona, 1992.

— *www.dgt.es*
Página de la Dirección General de Tráfico.

— *http://automobile.sae.org*
Página de la SAE, Society of Automotive Engineers.

# AGRADECIMIENTOS

CESVIMAP agradece la colaboración documental prestada para la realización de esta obra a las firmas y marcas relacionadas a continuación:

— Asociación Nacional de Carreteras.
— Cherokee.
— Daimler-Chrysler.
— DGT.
— Guardia Civil.
— KIA.
— MAPFRE.
— Michelín.
— OSRAM.
— Policía Local.
— Porsche.
— Renault.
— Revista Carreteras.
— Saab.
— SAE.
— Volvo.
— Volkswagen.